

Aus dem Departement für Pferde Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. med. vet. Dr. h.c. Jörg Auer

Arbeit unter der Leitung von Frau Dr. Karin Kalchofner Guerrero

**Evaluation von „Whoosh“-Test und Messung der epiduralen Druckwellen zur
Lokalisierung des Epiduralraumes beim Hund**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät
Universität Zürich

vorgelegt von

Janina Werner
Tierärztin von Zollikon, Schweiz

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. Dr. Regula Bettschart-Wolfensberger, Referentin
Prof. Dr. Michael Hässig, Korreferent

Zürich 2010

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	2
2. Summary	3
3. Einleitung und Zielsetzung	4
4. Literaturübersicht.....	6
4.1. Epiduralanästhesie (EDA).....	6
4.1.1. Historischer Überblick.....	6
4.1.2. Anatomie und Technik.....	6
4.1.3. Indikationen	10
4.1.4. Kontraindikationen	11
4.1.5. Medikamente	11
4.1.6. Nebenwirkungen.....	13
4.2. Methoden zur Überprüfung der Lokalisation der Spinalkanüle.....	15
4.2.1. Klinische Indikatoren.....	15
4.2.2. „Hanging drop“- und „Loss of resistance“- Technik.....	16
4.2.3. Fluoroskopie und andere Kontroll-Methoden.....	16
4.2.4. Darstellung der epidurale Druckwellen	17
4.2.5. „Whoosh“-Test	19
4.3. Statistische Methoden	20
5. Material und Methoden.....	24
5.1. Charakterisierung des Patientengutes	24
5.2. Vorbereitung auf die Anästhesie	24
5.3. Anästhesieprotokoll.....	25
5.4. Ausführung der EDA und Überprüfung der Nadelposition	26
5.5 Statistische Analysen	28
6. Resultate.....	29
7. Diskussion.....	34
8. Referenzen	42

1. Zusammenfassung

Bei der Epiduralanästhesie (EDA) handelt es sich um eine verbreitete Methode der Schmerztherapie. Voraussetzung für ihre Wirksamkeit ist die korrekte Lokalisierung der Nadel im Epiduralraum. Der „Whoosh“-Test zur Überprüfung der korrekten Lokalisation wurde bereits in der Humananästhesie evaluiert. Ziel der vorliegenden Studie war es, den „Whoosh“-Test und die Messung der epiduralen Druckwellen (MEDW) beim Hund zu evaluieren. Als Kontrolle diente der intraoperative Verbrauch an Analgetika.

In die Studie einbezogen wurden 80 Hunde, die einem elektiven chirurgischen Eingriff unterzogen wurden. In Seitenlage und unter Allgemeinanästhesie wurde den Hunden eine EDA im lumbosakralen Übergang verabreicht. Zwei ml Luft wurden injiziert, während ein Stethoskop unmittelbar kranial der Einstichstelle aufgesetzt wurde. Je nachdem, ob ein „Whoosh“-Geräusch hörbar war, wurde der „Whoosh“-Test als positiv oder negativ beurteilt. Danach wurde die MEDW durchgeführt und als positiv oder negativ beurteilt.

Der „Whoosh“-Test ergab eine Sensitivität von 74%, die Spezifität lag bei 50%. Die Sensitivität der MEDW betrug 44%, die Spezifität 100%.

Bei Hunden in Seitenlage ist der „Whoosh“-Test sensitiver als die MEDW bezüglich Lokalisation der Nadel im Epiduralraum. Umgekehrt verhält es sich bei der Spezifität. Dennoch ist der „Whoosh“-Test ein schnell und einfach durchzuführender Test, um bei der Lokalisierung des Epiduralraumes die Sicherheit des klinischen Eindrucks zu erhöhen.

Schlüsselwörter:

Epiduralanästhesie, „Whoosh“-Test, epidurale Druckwellen, Hund

2. Summary

Epidural anaesthesia (EA) is a widely used method for medical pain treatment. An important prerequisite for a successful EA procedure is the correct placement of the needle in the epidural space. The 'whoosh' test has been recommended as a guide for successful epidural needle placement in humans. The purpose of this study was to evaluate the 'whoosh' test and the epidural pressure waves measurement (EPWM) in dogs. The intraoperative need of analgesics served as a control.

Eighty dogs undergoing elective surgery were included in the study. Epidural anaesthesia (EA) was performed under general anaesthesia with dogs in lateral recumbency. The epidural needle was placed in the lumbosacral space. After placing the epidural needle, two ml of air were injected whilst a stethoscope was placed immediately cranially to the needle. If a 'whoosh' sound was identified the 'whoosh' test was judged positive, if not negative. Thereafter the EPWM was performed. Depending if a wave was identifiable or not, the EPWM was recorded as positive or negative.

The 'whoosh' test showed a sensitivity of 74% and a specificity of 50%. Sensitivity of the EPWM was 44%, specificity 100%.

In laterally recumbent dogs, the 'whoosh' test was more sensitive but less specific in identifying the epidural space than EPWM. Nevertheless would the 'whoosh' test be a simple and quick method to add information to the clinical impression of correct epidural needle placement.

Key words:

epidural anaesthesia, „whoosh“-test, epidural pressure waves, dog

3. Einleitung und Zielsetzung

Die Epiduralanästhesie (EDA) ist seit den späten 50er Jahren wichtiger Bestandteil der Schmerztherapie in der Kleintieranästhesie.

Epiduralanästhesien sind vielseitig einsetzbar. Häufig verwendet werden sie vor allem bei Eingriffen im Bereich der Hintergliedmassen und in der Geburtshilfe. Je nach Medikament erreicht man entweder eine epidurale Analgesie oder Anästhesie. Die am häufigsten verwendeten Medikamente sind Opioide und Lokalanästhetika. Seltener verwendet werden α_2 -Adrenozeptor-Agonisten und N-Methyl-D-Aspartat (NMDA)-Antagonisten.

Bei der EDA werden die Medikamente in den Epiduralraum injiziert. Im Gegensatz zur Spinalanästhesie, bei der die Identifikation der korrekten Lokalisierung durch das Austreten von Cerebrospinalflüssigkeit (CSF) einfach ist, fehlt ein solch eindeutiges Kontroll-Kriterium bei der EDA. Der korrekte Sitz der Nadel ist aber die unerlässliche Voraussetzung für eine wirksame EDA. In den vergangenen Jahren wurden verschiedenen Methoden zur Verifizierung der korrekten Lokalisation der Nadel präsentiert. Goldstandard, das heisst anerkanntes Richtverfahren, ist bis heute die Fluoroskopie. Diese ist allerdings mit hohem technischem und zeitlichem Aufwand verbunden und deshalb nur in grösseren Kliniken durchführbar. Dasselbe gilt für die Messung des epiduralen Druckes, beziehungsweise für die Darstellung der epiduralen Druckwelle. Diese Methode wurde beim Hund in einer experimentellen Studie bereits evaluiert und hat sich dort als zuverlässig erwiesen. Klinische Indikatoren wie der Verlust des Widerstandes bei der Injektion, die Einfachheit der Nadelsetzung, sowie das Ausbleiben einer subkutanen Schwellung, sind einfach beurteilbar und durchzuführen, bleiben aber subjektiv. Nicht zuletzt kann auch anhand klinischer Parameter wie Atemfrequenz, Herzfrequenz, Blutdruck, sowie dem Verbrauch von Inhalationsanästhetika und Analgetika perioperativ beurteilt werden, ob die Epiduralanästhesie wirksam ist. Nur ist es dann zu spät, eine allfällig nicht korrekt platzierte Epiduralkanüle und dadurch eine unwirksame EDA zu korrigieren. Bis zum heutigen Zeitpunkt erst in der Humanmedizin beschrieben wurde der „Whoosh“-Test. „Whoosh“ beschreibt das Geräusch, welches beim Injizieren von

Luft in den Epi- oder Subduralraum entsteht und mit Hilfe eines Stethoskopes über der Wirbelsäule hörbar ist.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die „Whoosh“-Methode und die epiduralen Druckwellenmessung (EDWM) zur Identifikation des Epiduralraumes beim Hund zu evaluieren. Es wurden dabei anhand von 80 klinischen Fällen Zuverlässigkeit und Praxistauglichkeit der beiden Methoden evaluiert und verglichen. Als Kontrolle diente dabei der intraoperative Verbrauch an Analgetika.

4. Literaturübersicht

4.1. Epiduralanästhesie (EDA)

4.1.1. Historischer Überblick

Die ersten Berichte über Rückenmarksanästhesie beim Tier stammen aus England und Deutschland (Corning 1885; Bier 1899). In den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts verhalf Brook mit seinen Studien über Rückenmarksanästhesie bei Haustieren der Technik vollends zum Durchbruch (Brook 1935). Über die folgenden Jahre wurde die Anwendung beim Hund laufend verfeinert (Joshua 1956; Spreull 1958) und Ende der 1960er Jahre folgten dann auch die ersten Fallberichte über den Einsatz von EDA bei der Katze (Duce et al. 1969). Die rasante Weiterentwicklung in der Pharmakologie und der Einsatz von altbekannten Substanzen wie Lokalanästhetika und Opioiden zur Schmerzausschaltung direkt am Rückenmark zeigten neue Möglichkeiten auf in der Behandlung von intra- und postoperativen Schmerzen (Heath et al. 1989; Valverde et al. 1989).

4.1.2. Anatomie und Technik

• Anatomie

(Nickel et al. 1992)

Gemäss Nickel besteht der Aufbau des Epiduralraumes im Wesentlichen aus Knochen und Hirnhäuten. Die einzelnen Vertebrae bilden mit ihren Foramina vertebralia den Wirbelkanal, in welchem das Rückenmark liegt. Das Rückenmark selber wird von den Meningen umgeben. Im Einzelnen sind drei Membranen an der Hülle beteiligt. Von aussen nach innen kommt zuerst die Dura mater, auch Pachymeninx genannt. Ihr folgt die mittlere Schicht, die Arachnoidea, und abschliessend die Pia mater. Arachnoidea und Pia mater werden auch unter dem Begriff Leptomeninx zusammengefasst. Der Raum zwischen dem Periost des Wirbelkörpers (Endorhachis) und der einschichtigen, fibrösen Dura mater wird Epiduralraum genannt. Dieser enthält semifluides Fettgewebe und den venösen Sinus vertebralis. Zwischen Dura mater und Arachnoidea befindet sich ein kapillärer Spalt, der Subduralraum (Abb. 1).

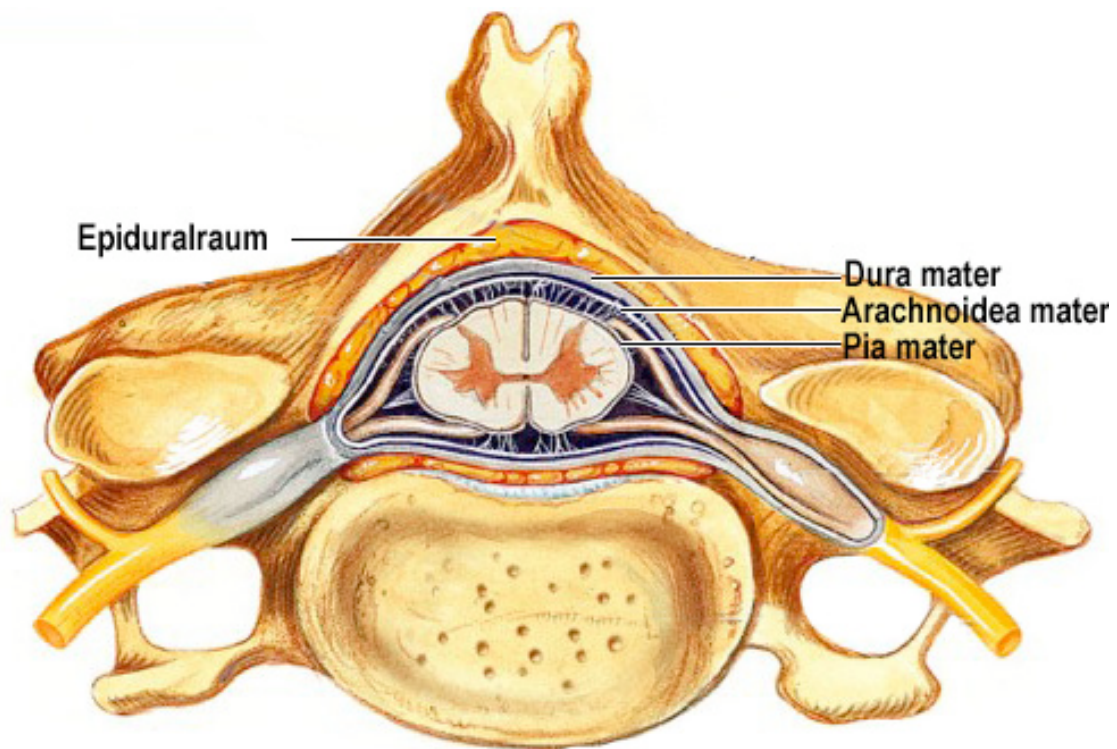


Abbildung 1: Darstellung von Wirbel und Rückenmark beim Hund (M.Haab, 2008)

Die Zerebrospinalflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis, CSF) befindet sich im Subarachnoidalraum zwischen Arachnoidea und Pia mater, auch Spinalraum genannt. Die Pia mater liegt unmittelbar dem Rückenmark auf. Die vom Rückenmark abgehenden Nervenfasern teilen sich auf in eine ventrale motorische Wurzel und eine dorsale sensorische Wurzel. Sie treten im Bereich der Foramina intervertebralia als vereinigttes Bündel (Truncus nervi spinalis) aus der Wirbelsäule. Dabei sind sie bis zu ihrem Austritt von einer Scheide aus Pachymeninx und Arachnoidea umgeben. Da die knöcherne Wirbelsäule im Vergleich zum Rückenmark relativ zu lang ist, findet man beim Hund ab dem 6. Lendenwirbel nur noch die aus Conus medullaris und Filum terminale bestehende Cauda equina. Diese ist zwar noch von einer meningealen Hülle umgeben, der Abgang der Nervenfasern korreliert aber nicht mehr mit den dazugehörigen Wirbeln.

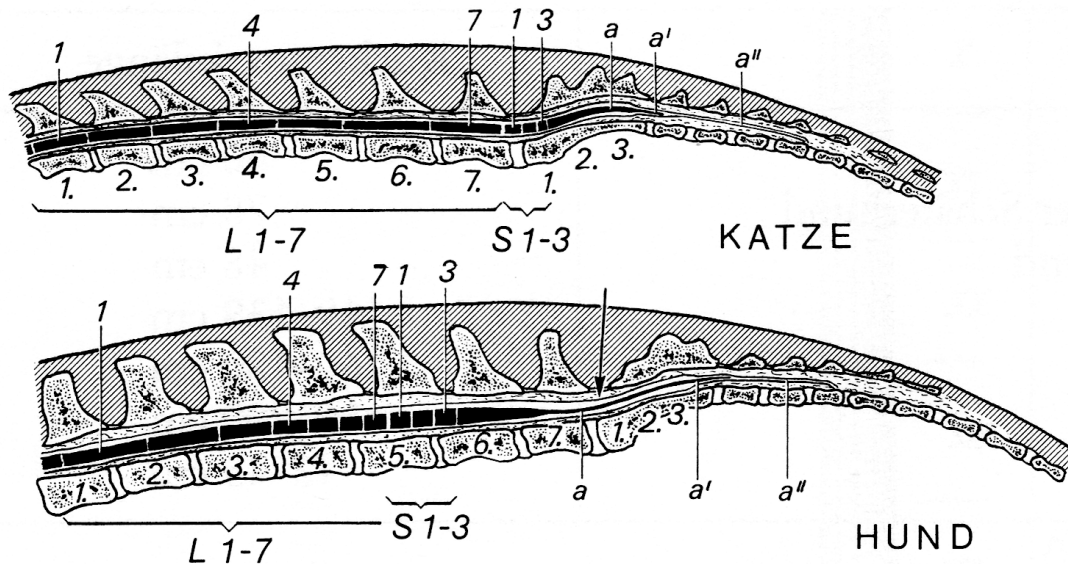


Abbildung 2: Vergleichende Darstellung der Segmenttopographie am Rückenmarksende von Hund und Katze (Nickel et al. 1992). 1.-7. entsprechende Lumbal- und Sakralwirbel; 1-7 entsprechende Lumbal- und Sakralsegmente des Rückenmarkes; a Filum terminale, a' sein bindegewebiges Ende, a'' Filum terminale durae matris; → Lumbosakraler Übergang, Platzierung der Spinalkanüle

• Technik

Für die EDA beim Hund wird der lumbosakrale Übergang als Zugang genutzt (Abbildung 2 (→)). Da beim Hund das Rückenmark auf Höhe des 6. Lendenwirbels und der durale Sack auf Höhe des 7. Lendenwirbels endet, ist das Risiko einer spinalen Injektion gering. Weiter kaudal findet man nur noch die freien Nervenfasern der Cauda equina (Jones 2001). Als anatomische Orientierungshilfen dienen das Becken und die Wirbelfortsätze. Um den Lumbosakralspalt zu identifizieren, werden Daumen und Mittelfinger von kranial her auf beide Alae ossa iliae platziert. Der Zeigfinger kommt dabei auf den vorstehenden Processus spinosus vom 7. Lendenwirbel zu liegen und dann sticht man in die Vertiefung kaudal davon (siehe Abbildung 3). Vor allem bei obesen Tieren ist das Auffinden der Hilfspunkte manchmal nur bedingt möglich und somit die Lokalisation des Epiduralraumes schwierig (Wetmore and Glowaski 2000).

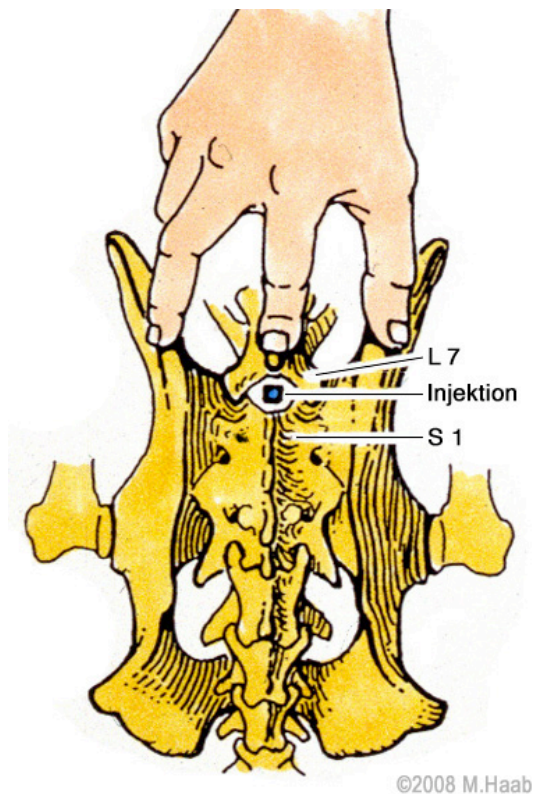


Abbildung 3: Anatomische Landmarken und Position der Finger am Becken beim Hund (M.Haab, 2008) L7=7. Lendenwirbel, S1=1. Sakralwirbel

Gerade wegen der heiklen Interaktion mit dem Rückenmark ist strikte Asepsis oberstes Gebot. Die Einhaltung der Halsted'schen Prinzipien minimiert das Risiko eines Traumas oder einer Infektion entscheidend (Hedlund 2002).

Für die lumbosakrale Punktion des Epiduralraumes kann der Hund entweder seitlich oder sternal gelagert werden. Bei Operationen an einer Hintergliedmasse ist es bei der seitlichen Lagerung wichtig, dass die zu operierende Seite unten liegt. Lokalanästhetika können so einfacher durch die Gravitationskraft an den Ort der erwünschten Wirkung diffundieren. Zur besseren Orientierung werden die Hintergliedmassen nach vorne gezogen. Damit wird erreicht, dass die Knochenvorsprünge des Beckens und der Wirbelsäule gut sichtbar werden und gleichzeitig der Intervertebralspalt maximal erweitert wird (Valverde 2008).

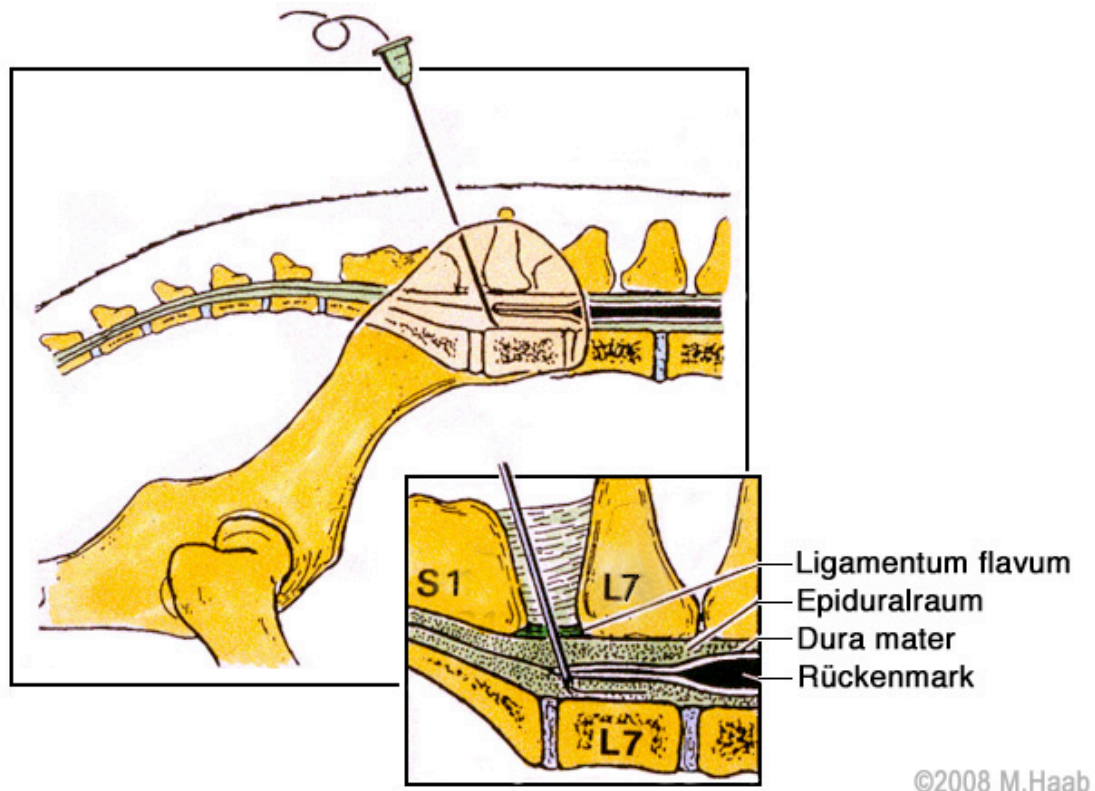


Abbildung 4: Technik bei seitlicher Lagerung (M.Haab, 2008). L7 = 7. Lendenwirbel, S1 = 1. Sakralwirbel. (Anmerkung der Autorin: auf diesem Bild ist nicht eine Spinalkanüle wie in der vorliegenden Studie verwendet sichtbar, sondern ein Epiduralkatheter mit Tuhoy-Nadel)

Bei der sternalen Position werden die Hintergliedmassen unter dem Körper nach kranial gestreckt, damit der Lumbosakralspalt möglichst weit ist. Der Nachteil dieser Lagerung ist, dass sie bei gewissen Verletzungen im Bereich der Hintergliedmassen und des Beckens nicht anwendbar ist. Die Gefahr von weiteren Verletzungen oder einer Verschlimmerung des bestehenden Traumas ist zu groß.

4.1.3. Indikationen

Häufige Indikationen für eine EDA sind Eingriffe im Bereich der Hintergliedmasse, des Anus, der Perinealregion oder der Vulva. Die anästhetische Komponente einer EDA führt zu reduziertem Muskeltonus und ermöglicht dadurch einen einfacheren chirurgischen Zugang. Auch Schmerzen bedingt durch Thorakotomien und Bauchchirurgien, geburtshilfliche Eingriffe wie Kaiserschnitte oder schmerzhafte Erkrankungen des Bauchraumes wie Peritonitis oder Pankreatitis lassen sich mit einer

EDA gut kontrollieren (Wetmore and Glowaski 2000). Abhängig von Konzentration und verwendeten Volumina der Lokalanästhetika ist die Wirkung der Medikamente am Rückenmark unterschiedlich (Valverde 2008). Die analgetische Komponente der EDA hat auch Einfluss auf das postoperative Schmerzmanagement. Mit einer guten Schmerztherapie bereits während der Operation werden negative Aspekte der Operation minimiert (Hansen 2001). Postoperativ werden vor allem Opioide eingesetzt, da diese die motorische Funktion nicht einschränken. Vor allem chronisch kranke, obese und ältere Patienten erholen sich dank einer EDA nach der Operation besser, da dadurch intraoperativ Anästhetika eingespart werden können. Die Patienten können früher mobilisiert werden, was das Risiko einer tiefen Venenthrombose oder einer Pneumonie reduziert (Rodgers et al. 2000).

4.1.4. Kontraindikationen

Obwohl generell eine sehr hilfreiche Technik, gibt es auch bei einer EDA gewisse Anwendungseinschränkungen. Dabei wird im Allgemeinen zwischen absoluten und relativen Kontraindikationen unterschieden (Wetmore and Glowaski 2000; Skarda and Tranquilli 2007a). Zu den absoluten Kontraindikationen im Zusammenhang mit Lokalanästhetika zählen nicht therapierter Schock-Zustand (Yeager et al. 1987). Auch bei Koagulopathien und Dermatopathien ist eine EDA kontraindiziert. Zu den relativen Kontraindikationen zählen Unkooperativität des Patienten, Kardiomyopathien (Muir 2007b), anatomisch bedingte Missbildungen oder traumatische Veränderungen der Wirbelsäule.

4.1.5. Medikamente

Verschiedene Medikamente können für eine EDA eingesetzt werden. Dabei werden vor allem Lokalanästhetika und Opioide verwendet. Seltener kommen auch α_2 -Adrenozeptor-Agonisten und N-Methyl-D-Aspartat (NMDA) -Antagonisten zum Einsatz (Jones 2001). Wichtig ist es, wegen möglicher allergischer Reaktionen Medikamente ohne Konservierungsmittel zu verwenden.

Medikamente, welche epidural appliziert werden, können auf drei verschiedene Arten ihre Wirkung entfalten. Sie werden entweder systemisch über das epidurale vaskuläre Netzwerk absorbiert, im epiduralen Fett sequestriert oder in die CSF und das

Rückenmark resorbiert (Gourlay et al. 1987). Die Wirkung aller Medikamente ist abhängig von verschiedenen Parametern, unter anderen Molekulargewicht, Konzentration, Dosis und Lipophilität; aber auch andere physikalisch-chemische Eigenschaften spielen eine Rolle. Darunter fallen pKa, pH-Wert und die Proteinbindungskapazität (Chaney 1995).

Die wichtigsten Medikamenten-Gruppen sind:

• Lokalanästhetika (LA)

(Wellhörner 1997a; Skarda and Tranquilli 2007b)

Nur Lokalanästhetika führen zu einer kompletten, wenn auch reversiblen Schmerzausschaltung. Je nach Aufbau des intermediären Anteils unterscheidet man LA vom Ester- und vom Amidtyp. Für die Epiduralanästhesie werden vor allem LA des Amidtyps verwendet, namentlich Lidocain und Bupivacain. Letzteres wird häufig gewählt wegen seiner langen Wirksamkeit. Die Wirkdauer wird hier vor allem durch die Verweildauer des Medikamentes an seinem Wirkungsort bestimmt; sie ist abhängig von der Proteinbindung, der Gewebedurchblutung und der lokale Hydrolyse. Bei Überdosierung oder fälschlicher intravenöser Injektion kann es durch Hemmung inhibitorischer Neurone zu zentralen Erregungszuständen mit Erbrechen, Unruhe, Atemdepression und Krämpfen kommen. Die Blockade der Natriumkanäle kann zu Bradykardie bis hin zum Herzstillstand führen.

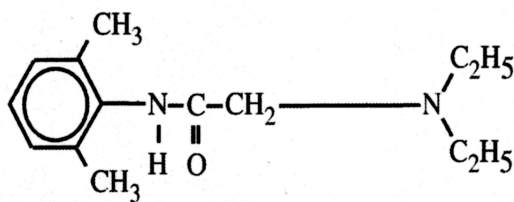


Abbildung 5: Chemische Formel von Lidokain als Beispiel eines LA vom Amid-Typ

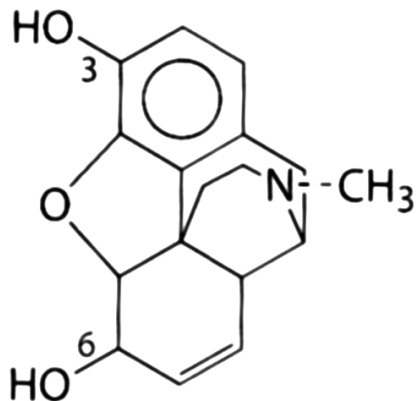
• Opioid

(Wellhörner 1997b; Freye 2008)

Opioidanalgetika vom Morphintyp kann man in natürliche und synthetische Derivate unterteilen. Zu den natürlichen Opioiden zählen Opium und die Opiumalkaloide Morphin und Codein, auch Opiate genannt. Synthetische Derivate sind zum Beispiel Fentanyl, Butorphanol und Buprenorphin. Opioid entfalten ihre Wirkung über

Bindung an Opioidrezeptoren. Sie werden anhand ihrer Wirkung auf die Rezeptoren unterteilt in Agonisten, partielle Agonisten, Agonist-Antagonisten und Antagonisten. Man unterscheidet zwischen zentraler oder peripherer Wirkung. Zu den zentralen Wirkungen zählen Analgesie, leichte Sedation, Euphorie, Uebelkeit, Bradykardie und Atemdepression. Erniedrigte Sekretion im Gastrointestinaltrakt (GIT), reduzierte Motilität bei gleichzeitiger Tonussteigerung im GIT und Urogenitaltrakt (UGT), Histaminfreisetzung aus Mastzellen sowie Bradykardie infolge Vagusstimulierung ergeben sich aus der peripheren Interaktion. Zudem benötigen Patienten mit Opioidanalgesie deutlich weniger Anästhetikum.

Morphin wird häufig verwendet für epidurale Analgesie bei Kleintieren. Durch seine geringe Lipidlöslichkeit ist es sehr lange wirksam (16-24 Stunden) (Valverde 2008). Der Wirkungseintritt erfolgt erst nach 30 Minuten und ist die Folge einer hohen Proteinbindung. Auf unerwünschte Effekte und Begleiterscheinungen wird im weiter unten folgenden Abschnitt Nebenwirkungen eingegangen.



Figur 6: Chemische Formel von Morphin

• Weitere Medikamente

Selten kommen auch α_2 -Adrenozeptor-Agonisten und N-Methyl-D-Aspartat (NMDA)-Antagonisten wie zum Einsatz (Wellhörner 1997c). Es wird an dieser Stelle nicht weiter auf sie eingegangen, weil sie in der vorliegenden Studie nicht angewendet wurden.

4.1.6. Nebenwirkungen

Mögliche Nebenwirkungen einer EDA sind zahlreich. Grundsätzlich lassen sich allgemeine Nebenwirkungen und opioid-bedingte Nebenwirkungen unterscheiden.

Allgemeine Nebenwirkungen durch Verwendung von Lokalanästhetika beruhen immer auf Blockade von motorischen, sensorischen und autonomen Nervenfasern, wohingegen Opioide direkt Opioidrezeptoren besetzen. Die Opioid-Wirkung kann durch entsprechende Antagonisten (Naloxon) reversiert werden (Chaney 1995).

• **Allgemeine Nebenwirkungen**

(Visser 2001)

Applikation von zuviel systemisch wirksamen Lokalanästhetika kann zu Hypotension, Übelkeit, Parästhesien und sogar zu Atemdepression (infolge Blockade der thorakalen Nervenfasern, welche die Intercostalmuskulatur innervieren) führen. Hervorgerufen wird dies durch das Aufsteigen der Medikamente im Epiduralraum. Erfolgt die EDA irrtümlicherweise in den Subarachnoidalraum, kann das gewisse Funktionen des Hirnstammes beeinträchtigen.

Toxische Reaktionen können auftreten, wenn das Medikament fälschlicherweise direkt in ein epidurales Blutgefäß injiziert wird. Akzidentelle Punktion des epiduralen Venenplexus kann zur Bildung eines epiduralen Hämatoms und dadurch zu massiven Kompressionen des Rückenmarks führen.

Infektionen sind selten, wenn es aber dazu kommt, sind dies sehr schwerwiegende Nebenwirkungen. Deshalb ist bei jeder EDA strikte Asepsis einzuhalten.

• **Opioid-induzierte Nebenwirkungen**

(Chaney 1995)

Zu den gefürchtetsten Nebenwirkungen von Opioiden zählen Atemdepression und kardiale Arrhythmien. Nausea und Erbrechen werden durch das Aufsteigen des Opiates in der CSF und seine Interaktion mit dem Brechzentrum in der Area postrema hervorgerufen; man spricht dann allgemein von PONV (postoperative nausea and vomiting). Durch Blockade von Opioidrezeptoren im Sakralmark kann es zu Harnverhalten kommen. Es treten auch Veränderungen des mentalen Status, okuläre Dysfunktion, gastrointestinalen Störungen sowie mangelhafte Thermoregulation auf. Steigt das Opioid in der CSF auf und kommt es dadurch in der Folge zur Stimulation des Nucleus trigeminus, wird im Zusammenhang mit EDA häufig von Juckreiz gesprochen. Meistens ist das Auftreten lokal begrenzt. Auch Alopezie an der Injektionsstelle ist beschrieben. Adjuvantien können schwerwiegende Entzündungen der Menigitiden oder Rückenmarks-Nekrosen hervorrufen.

4.2. Methoden zur Überprüfung der Lokalisation der Spinalkanüle

Für die Wirksamkeit einer EDA ist es unabdingbar, dass die Nadel korrekt im Epiduralraum platziert ist. Um dies zu überprüfen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Einerseits gibt es einfache praxistaugliche Methoden, andererseits gibt es Methoden, die nur an spezialisierten Kliniken durchgeführt werden können, weil dazu eine spezielle Infrastruktur benötigt wird.

4.2.1. Klinische Indikatoren

Beim wachen Menschen erfolgt die Kontrolle der Wirksamkeit einer EDA, indem die Kältesensibilität der narkotisierten Hautareale mittels Eis überprüft wird. Dies ist am narkotisierten Tier nicht möglich. Folgende fünf Punkte helfen während dem Setzen einer EDA zu entscheiden, ob die Spinalkanüle sich wirklich im Epiduralraum befindet. Es wird angenommen, dass die EDA korrekt platziert ist, wenn von oben erwähnten fünf Punkten drei erfüllt sind (Talwar et al. 2006):

1. Verlust des Widerstandes nach dem Durchstechen der sakrokozygealen Membran
2. Einfachheit der Nadelsetzung
3. 45°-Grad-Winkel zwischen Haut und Nadel
4. Einfachheit der Injektion
5. Fehlen einer subkutanen Schwellung nach Injektion

Intraoperativ kann durch einen erfahrenen Anästhesisten anhand von objektiven Parametern wie Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck, bzw. deren Verlauf, der korrekte Sitz einer EDA evaluiert werden. Anästhetika- respektive Analgetika-Verbrauch intraoperativ, sowie subjektive Schmerzevaluation postoperativ sind zwei weitere hilfreiche Parameter. Allerdings ist es in diesem Stadium zu spät die EDA noch zu beeinflussen (Orme and Berg 2003).

Die Beurteilung einer EDA anhand klinischer Indikatoren ist einfach und kann ohne weitere Hilfsmittel auch in der Praxis angewendet werden, aber sie birgt gewisse Risiken. Die Interpretation der klinischen Indikatoren bedingt ein Mindestmass an Erfahrung des die EDA ausführenden Anästhesisten. Er muss wissen, wie sich das „Pop“-gefühl bei Penetration des Epiduralraumes anfühlt. Auch ist es schwierig, bei

obesen Tieren eine subkutane Schwellung zu detektieren. Erfolgt die Injektion akzidentell in den Abdominalraum anstatt in den Epiduralraum, kommt es auch nicht zu einer subkutanen Schwellung. Trotzdem werden bei abdominaler Injektion genügend Punkte der klinischen Indikatoren (Verlust des Widerstandes, Winkel, Einfachheit der Nadelsetzung und Injektion) erfüllt, um die Spinalkanüle fälschlicherweise als korrekt platziert zu klassifizieren.

4.2.2. „Hanging drop“- und „Loss of resistance“- Technik

Auch die so genannten „Hanging drop“- und „Loss of resistance“- Techniken benötigen keine spezielle Infrastruktur und lassen sich deshalb in jeder tierärztlichen Praxis anwenden.

Unter der **„hanging drop“-Technik** versteht man das Anbringen eines Tropfens steriler Kochsalzlösung auf den Konus der Spinalkanüle unmittelbar nach dem Durchstechen der Haut. Bei Eintritt in den Epiduralraum wird der Tropfen Flüssigkeit durch den im Epiduralraum vorherrschenden subatmosphärischen Druck aspiriert (Skarda and Tranquilli 2007a; Valverde 2008).

Den im Epiduralraum vorherrschenden negativen Druck macht man sich auch bei der **„Loss of resistance“- Technik (LOR-Technik)** zunutze. Eine Luftblase wird kontrolliert über die Spinalkanüle injiziert. Bei korrekter Platzierung der Kanüle im Epiduralraum sollte dies infolge des Druckunterschieds ganz ohne Widerstand erfolgen (Saberski et al. 1997). Bei der Injektion von Luft darf allerdings nur eine geringe Menge verwendet werden, weil sonst die Gefahr einer Luftembolie besteht (Skarda and Tranquilli 2007a; Valverde 2008).

4.2.3. Fluoroskopie und andere Kontroll-Methoden

Die fluoroskopische Überprüfung des Nadelsitzes gilt heutzutage als Goldstandard. Dabei wird unter ständiger Durchleuchtung die Spinalkanüle in den Epiduralraum geführt (Stitz and Sommer 1999). Gerade bei Patienten, bei welchen die anatomischen Landmarken schwierig zu finden sind, hilft die Fluoroskopie bei der Orientierung (Eidelman et al. 2005). Auch die Applikation von Kontrastmittel und die anschließende radiologische Kontrolle können die korrekte Position der Kanüle zuverlässig verifizieren (Renfrew et al. 1991).

Eine weitere Methode ist die Verwendung von Ultraschall zur Kontrolle des Nadelsitzes (Chawathe et al. 2003). Die Identifikation des epiduralen Katheters war bei neun von 12 infantilen Patienten erfolgreich. Die Technik setzt aber sowohl ein Ultraschallgerät sowie eine in der Durchführung von Ultraschall und Interpretation der Bilder versierte Person voraus.

Elektrische Stimulation des Rückenmarkes und neuromotorische Antwort wurden ebenfalls verwendet, um den korrekten Sitz der Nadel zu evaluieren. Dabei wird die Spinalkanüle mit einem peripheren Nervenstimulator verbunden, welcher während des Stechvorganges elektrische Impulse durch die Kanüle sendet. Sobald es zu einer motorischen Antwort der Hintergliedmasse oder des Schwanzes kommt, ist die Kanüle am richtigen Ort (Singh and Khan 2000; Read 2007).

Alle unter 4.2.3 erwähnten Methoden können sehr zuverlässig den korrekten Kanülensitzes identifizieren, benötigen aber spezialisierte Infrastruktur und/oder führen durch den erhöhten Zeitaufwand zu einer verlängerten Anästhesiedauer.

4.2.4. Darstellung der epidurale Druckwellen

Eine bekannte Messmethode, sowohl in der Veterinär- wie auch in der Humanmedizin, ist die Druckmessung. Dabei kann man invasive und nicht invasive Techniken unterscheiden. Während Blutdruck- und intrakranielle Druckprofile beim Menschen heute zum Standardmonitoring gehören, wurde dem basalen epiduralen Druck lange keine Bedeutung zugemessen. Zwar wusste man, dass er sich bei den Menschen im positiven (Telford and Hollway 1991; Thomas et al. 1992) und bei den Hunden im subatmosphärischen Bereich befindet (Bengis and Guyton 1977). Erst Ghia et al. benutzen 2001 epidurale Druckwellen zur Verifizierung des korrekten Nadelsitzes beim Menschen. Sie zeigten auf, dass sich der Basaldruck im Epiduralraum sofort ändert, sobald die Nadel diesen penetriert. Noch grösser wurde der Druckunterschied, als man zusätzlich Medikamente in den Spalt injizierte. Diese Veränderungen im Druckprofil wurden beobachtet, um den korrekten Nadelsitz zu überprüfen (Ghia et al. 2001). Zur Druckmessung wird in der Regel die folgende Technik angewendet: Der basale Epiduraldruck wird über einen flüssigkeitsgefüllten, nicht dehnbaren Druckleiter gemessen, welcher an einen elektronischen Druckumwandler angeschlossen wird. Dieser zeichnet die Profile auf einem Monitor

auf. Kalibriert wird die Messung über ein auf Höhe der Lendenwirbelsäule angebrachtes Sphygmomanometer.

In der Veterinärmedizin hat die epidurale Druckmessung erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Dass sich diese Messmethode nicht früher etablieren konnte, hängt sicher mit der zusätzlich dafür benötigten technischen Ausrüstung und dem grösseren Aufwand im Vergleich zu herkömmlichen Kontroll-Methoden zusammen. Erst kürzlich wurde in einer Studie die Existenz von epiduralen Druckwellen bei Hunden untersucht und bestätigt (Iff et al. 2007). Die EDA wurde bei dieser Studie in sternaler Lage durchgeführt. Bei 15 von 18 an der Studie beteiligten Hunden konnten schon vor der Injektion der Medikamente Epiduraldruckwellen synchron mit den arteriellen Pulswellen dargestellt werden. Die gemessenen Drücke befanden sich alle im subatmosphärischen Bereich. Nach der Injektion gelang der Nachweis von epiduralen Druckwellen mit Werten im positiven Bereich bei allen 18 beteiligten Patienten. Auch zeigte die Injektionsgeschwindigkeit der Medikamente (Injektion über 90 versus 30 Sekunden) auf die Druckwellenamplitude keinen Einfluss. In einer Fallstudie hat die gleiche Gruppe auch die Existenz von Druckwellen bei Ziegen bestätigt (Iff et al. 2009a). Bei neun Ziegen wurde in Seitenlage eine EDA durchgeführt und die epiduralen Druckwellen gemessen. Keine der Ziegen wies vor der Injektion der Medikamente messbare Druckwellen auf. Bei fünf Ziegen konnten Iff et al. nach Injektion der Medikamente epidurale Druckwellen messen. Alle Werte befanden sich im atmosphärischen Bereich. Bei den restlichen vier Ziegen wurde fluoroskopisch ein nicht korrekter Kanülensitz nachgewiesen. Ebenso wurde in einer Studie bei Pferden epidurale Druckprofile gemessen. Dies gelang nur bedingt (Iff et al. 2009b). Von 10 in die Studie miteinbezogenen Pferden wiesen zwei Pferde bereits messbare epidurale Wellen auf nach dem Setzen der Kanüle, also vor Injektion. Nach Durchführung des LOR-Tests waren bei drei Pferden Druckwellen messbar; nach Injektion der Lokalanästhetika konnten bei sechs von 10 Pferden epidurale Druckwellen nachgewiesen werden. Wie beim Hund befanden sich die Druckwellen nach der Penetration zuerst im subatmosphärischen Bereich, stiegen aber nach Injektion der Medikamente in den positiven Bereich.

4.2.5. „Whoosh“-Test

Unter dem „Whoosh“-Test versteht man die simultane Auskultation über der thorakolumbalen Wirbelsäule während der Injektion einer kontrollierten Menge Luft in den kaudalen Epi- oder Subduralraum. Entwickelt und erstmal beschrieben wurde der Test 1988 durch Lee als Modifikation des Moore's Lufttest (Lee 1988). Die Arbeitsgruppe um Lewis bestätigte 1992 die Tauglichkeit des „Whoosh“-Tests zur schnellen Überprüfung des korrekten EDA-Nadelsitzes. Das charakteristische „Whoosh“-Geräusch der Luft-Injektion ist nur hörbar, wenn die Nadel wirklich im epiduralen Raum platziert ist. Lewis et al. konnten bei allen an der Studie beteiligten Patienten ein Geräusch feststellen. Die Sensitivität betrug 100%. Es gab keine falsch positiven Ergebnisse (Lewis et al. 1992). Etwas detaillierter hat die Gruppe um Eastwood den „Whoosh“-Test untersucht. Es wurde die Sensitivität und Spezifität sowohl der klinischen Indikatoren wie eben des „Whoosh“-Testes miteinander verglichen. Der „Whoosh“-Test war mit einer Sensitivität von 80% und einer Spezifität von 60% den im Abschnitt 4.2.1. beschriebenen klinischen Indikatoren (Sensitivität 94%, Spezifität 20%) überlegen (Eastwood et al. 1998). Chan et al. schlugen 1993 vor, den „Whoosh“-Test zu Ausbildungszwecken für die EDA zu nutzen. An 53 Patienten wurde sowohl der positive wie auch der negative prädiktive Wert für die klinischen Indikatoren, den „Loss of resistance“-Test und den „Whoosh“-Test miteinander verglichen. Der „Whoosh“-Test schnitt dabei mit einem positiven prädiktiven Wert von 97.7% am besten ab (Chan et al. 1993).

Über die Jahre wurde der „Whoosh“-Test laufend modifiziert. Die Injektion von Luft in den Epiduralraum stellte sich immer wieder als problematisch dar. Unter anderem kann es zu Rückenmarks- oder Nervenwurzel-Kompressionen kommen. Auch kann die Injektion akzidentell in den Retroperitonealraum erfolgen. Wird aus Versehen subkutan gespritzt, führt dies zu Emphysembildung. Im schlimmsten Fall kann es durch versehentliche Injektion in den Venenplexus zu Luftembolien kommen. Auch Fälle von Pneumocephalus sind beschrieben (Saberski et al. 1997). Orme und Berg beschrieben 2003 ein Verfahren, wonach nicht Luft, sondern sogleich die Medikamente injiziert wurden. Diesen modifizierten „Whoosh“-Test nannten sie „Swoosh“-Test; mit 91% und 100% sind Sensitivität und Spezifität sehr hoch (Orme and Berg 2003). Allerdings birgt sich hier die Gefahr, dass es zu unerwünschten

Medikamenten-Reaktionen kommt. Um das akustische „Whoosh“-Geräusch überhaupt auszulösen und somit wahrnehmen zu können, braucht es eine gewisse Injektionsgeschwindigkeit. Da die für die EDA verwendeten Medikamente aber idealerweise über eine Zeitdauer von 60 Sekunden injiziert werden, besteht zwischen idealer „Whoosh“-Geschwindigkeit und bevorzugtem Medikamentenverabreichungs-Intervall eine deutliche Diskrepanz. Der „Swoosh“-Test lässt sich auch mit physiologischer Kochsalzlösung durchführen. Man spricht dann von einem ‚modifizierten „Swoosh“-Test‘. Dieser minimiert neben dem zeitlichen Risiko auch dasjenige einer toxischen Reaktion bei Applikation der Medikamente an eine nicht adäquate Stelle. Dies untersuchten Talwar et al. in ihrer Studie aus dem Jahre 2006. Was die statistische Auswertung anbelangte, erreichten sie weder bei den klinischen Indikatoren noch beim „Whoosh“- respektive beim modifizierten „Swoosh“-Test ein den anderen Methoden überlegenes Resultat (Talwar et al. 2006).

Da sowohl die klinischen Indikatoren wie auch das Hören des „Whoosh“-Geräusches subjektiv sind, bleibt eine gewisse Unsicherheit bestehen. Um dieses Risiko zu minimieren, wurde auch empfohlen, anstelle eines normalen Stethoskopes ein Dopplerstethoskop zu verwenden. Das Dopplerstethoskop verstärkt Signale, die akustisch kaum oder für das humane Gehör gar nicht hörbar sind (Schwartz et al. 2007).

Zu beachten gilt, dass alle erwähnten „Whoosh“- und „Swoosh“-Studien aus der Humanmedizin stammen, und dass zudem je nach Patientengut (adult versus juvenil) deutliche Unterschiede in Spezifität und Sensitivität festgestellt wurden. In der Veterinärmedizin wurden bisher nach Wissen der Autorin keine Studien dazu publiziert. Da in der Veterinärmedizin die Injektion von Luft beim „Loss of resistance“-Test standardmässig durchgeführt wird und dabei keine offensichtlichen Probleme auftreten, wurde in der vorliegenden Studie der originale „Whoosh“-Test mit Luftinjektion gewählt.

4.3. Statistische Methoden

Im folgenden Abschnitt werden zum besseren Verständnis die wichtigsten verwendeten statistischen Begriffe und Methoden kurz erklärt.

Unter **Prävalenz** versteht man die Anzahl vorkommender Ereignisse in einer bestimmten Population während einer bestimmten Zeitperiode (Weiss 2008b).

Unter **Sensitivität (SE)** versteht man die Wahrscheinlichkeit, einen positiven Sachverhalt auch durch ein positives Testergebnis zu erkennen (Weiss 2008b).

$$SE = \frac{\text{Anzahl der richtig Positiven}}{\text{Anzahl der richtig Positiven} + \text{Anzahl der falsch Negativen}}$$

Unter **Spezifität (SP)** versteht man die Wahrscheinlichkeit, einen negativen Sachverhalt auch durch ein negatives Testresultat zu erkennen (Weiss 2008b).

$$SP = \frac{\text{Anzahl der richtig Negativen}}{\text{Anzahl der richtig Negativen} + \text{Anzahl der falsch Positiven}}$$

Unter **Wahrscheinlichkeitsrate (Likelihood Ratio, LR)** versteht man die Wahrscheinlichkeit, ein positives respektive ein negatives Resultat zu bekommen, wenn der Sachverhalt tatsächlich positiv respektive negativ ist (Weiss 2008d).

$$LR_{\text{positiv}} = \frac{\text{Sensitivität}}{1 - \text{Spezifität}}$$

$$LR_{\text{negativ}} = \frac{1 - \text{Sensitivität}}{\text{Spezifität}}$$

Im Gegensatz dazu bezeichnet der **positive Vorhersagewert (positive predictive value, PPV)** die Wahrscheinlichkeit, dass ein positives Ergebnis auch tatsächlich auf einem positiven Ereignis beruht. Analog dazu bezeichnet der **negative Vorhersagewert (negative predictive value, NPV)** die Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives Ergebnis auch tatsächlich auf einem negativen Ereignis beruht.

$$PPV = \frac{\text{Anzahl der richtig Positiven}}{\text{Anzahl der Positiven}}$$

$$NPV = \frac{\text{Anzahl der richtig Negativen}}{\text{Anzahl der Negativen}}$$

Der PPV respektive NPV in einem gegebenen Kollektiv besitzt nur dann Gültigkeit, wenn die Prävalenz des Ereignisses in diesem Kollektiv mit der Prävalenz des Kollektivs, in welchem der PPV respektive NPV erhoben wurde, übereinstimmt. Ist das Kollektiv selektiv, sollte auf die Berechnung des PPV respektive NPV verzichtet werden und anstelle dessen die LR angegeben werden (Weiss 2008b).

Mit dem χ^2 -Test (**Chi-Quadrat-Test**) untersucht man Verteilungseigenschaften einer statistischen Grundgesamtheit. Sie funktionieren als asymptotische Tests und sind

deshalb erst ab einer bestimmten Stichprobengrösse zuverlässig. Im Falle der Kontingenztafeln gilt als Faustregel, dass pro Feld einer Kontingenztafel mindestens etwa fünf Beobachtungen erwartet werden und dass mindestens ein Freiheitsgrad vorhanden ist. Der **Exakte Fisher-Test** ist ein Signifikanztest auf Unabhängigkeit in der Kontingenztafel, welcher auch bei einer geringen Anzahl von Beobachtungen zuverlässige Resultate liefert. Im Anwendungsgebiet entspricht er dem Chi-Quadrat-Test. Im Vergleich zum Chi-Quadrat-Test hält der Exakte Test von Fisher auch bei wenigen Beobachtungen das geforderte Niveau. Der Fisher's Exakte Test bildet Kombinationen von Zellhäufigkeiten, die bei festen Zeilen- und Spaltensummen entstehen könnten, und berechnet die bedingte Wahrscheinlichkeit für die Zellhäufigkeiten, gegeben die Randsummen. Es werden die Wahrscheinlichkeiten für den vorgegebenen Fall und für die extremeren Fälle berechnet und addiert. Diese Wahrscheinlichkeiten folgen, wenn die Nullhypothese stimmt, einer hypergeometrischen Verteilung. In den Ablehnbereich werden zunächst die Kombinationen von Zellhäufigkeiten untergebracht, die mit der Nullhypothese am wenigsten vereinbar sind. Die **F-Verteilung oder Fisher-Verteilung (F-Wert)** ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung. Eine F-verteilte Zufallsvariable ergibt sich als Quotient zweier jeweils durch die zugehörige Anzahl von Freiheitsgraden geteilter Chi-Quadrat-verteilter Zufallsvariablen. Die F-Verteilung besitzt zwei unabhängige Freiheitsgrade als Parameter und bildet so eine Zwei-Parameter-Verteilungsfamilie. Die F-Verteilung wird häufig als Nullverteilung von Teststatistiken verwendet (F-Test), um festzustellen, ob sich die Varianzen zweier Grundgesamtheiten signifikant unterscheiden. Auch im Rahmen der Varianzanalyse wird mit einer F-Statistik auf signifikante Unterschiede zwischen Grundgesamtheiten (Gruppen) getestet (Weiss 2008a).

Das **Vertauensintervall**, auch Konfidenzintervall genannt, sagt etwas über die Präzision der Lageschätzung eines Parameters aus. Das Vertrauensintervall schliesst einen Bereich um den geschätzten Wert des Parameters ein, der mit einer zuvor festgelegten Wahrscheinlichkeit (dem Konfidenzniveau) die wahre Lage des Parameters trifft. Es ist allerdings möglich, dass ein Intervall erzeugt wird, welches neben dem Parameter liegt. Diese Irrtumswahrscheinlichkeit α wird vor der Intervallsbestimmung festgelegt und beträgt üblicherweise 5%. Das Konfidenzniveau

$1-\alpha$ beträgt bei $\alpha=5\%$ eine Wahrscheinlichkeit von 95%. Für die Präzision einer Schätzung sind generell drei Faktoren von Bedeutung: die Irrtumswahrscheinlichkeit α , die Standardabweichung s (je homogener die Grundgesamtheit, desto kleiner sind Standardabweichung und Konfidenzintervall) und der Stichprobenumfang n (je höher, desto präziser die Schätzung) (Weiss 2008c).

5. Material und Methoden

5.1. Charakterisierung des Patientengutes

In diese Studie wurden 80 Hunde einbezogen, die von September 2007 bis Juni 2009 an der Kleintier-Klinik des Tierspitals Zürich operiert wurden. Voraussetzung für die Einbeziehung in die Studie war, dass die Patienten einer Operation unterzogen wurden, für welche eine EDA indiziert war.

Gewicht, Alter und Geschlecht aller Patienten wurden festgehalten. Alle Hunde wurden vor dem jeweiligen geplanten Eingriff klinisch untersucht. Ebenso wurde Blut entnommen für ein hämatologisches und chemisches Profil. Die durchgeführten Operationen wurden erfasst. Vor der Anästhesie wurden alle Patienten anhand ihres Körperrumfangs einem Body Condition Score (BCS) zugeteilt, wobei 1 für sehr dünn und 5 für obes steht. Zugleich wurden alle Hunde anhand der von der American Association of Anesthesiologists (ASA) herausgegebenen Graduierung (Tab. 1) in die Risiko-Gruppen I bis III klassifiziert; I mit kleinem, III mit hohem Narkoserisiko (Muir 2007a).

Tabelle 1: ASA-Klassifikation des Anästhesierisikos

Kategorie I	normaler gesunder Patient
Kategorie II	Patient mit milder systemischer Erkrankung
Kategorie III	Patient mit gravierender systemischer Erkrankung
Kategorie IV	Patient in lebensbedrohlichem Zustand
Kategorie V	Patient in moribundem Zustand

Der Versuch wurde durch das kantonale Veterinäramt des Kantons Zürich bewilligt und überwacht (Bewilligungsnummer 1841/2006).

5.2. Vorbereitung auf die Anästhesie

Alle Hunde wurden vor der Operation für 8-14 Stunden gefastet. Das Trinkwasser wurde erst bei Verabreichung der Sedation entfernt. Ein intravenöser Katheter (Surflo

i.v. catheter, Medical Solution, Hünenberg, CH) wurde nach vorgängigem Scheren und Desinfizieren in die Vena cephalica gelegt.

5.3. Anästhesieprotokoll

Die Hunde wurden mit Acepromazin, 0.03 mg/kg (Prequillan[®], Fatro S.p.A, Ozzano Emilia, I) und Buprenorphin, 10 mcg/kg (Temgesic[®], Essex Chemie, Luzern, CH) intramuskulär prämediziert. 30 Minuten \pm 10 Minuten nach Sedation wurde die Anästhesie mit Propofol (Propofol Fresenius[®] 1%, Fresenius Kabi AG, Stans, CH) nach Wirkung eingeleitet. Als alternative Sedation wurde bei Risikopatienten eine Kombination aus Fentanyl, 5 mcg/kg (Sinteny[®], Sintetica SA, Mendrisio, CH) und Diazepam, 0.1-0.2 mg/kg (Valium[®], Roche Pharma, Reinach, CH) intravenös unmittelbar vor Anästhesieeinleitung verwendet.

Die Tiere wurden endotracheal intubiert. Der Anästhesieunterhalt erfolgte mit Isofluran in einem Gemisch aus Sauerstoff und Luft. Bei Hunden >7 kg KGW wurde ein halbgeschlossenes Kreissystem verwendet, bei Hunden <7 kg KGW ein halboffenes Bainsystem (Megamed, Megamed Cham, CH). Der inspiratorische Sauerstoff (F_iO_2) wurde auf mindestens 35% gehalten. Herzfrequenz, Atemfrequenz, Sauerstoffsättigung, nicht-invasiver Blutdruck, Körpertemperatur, in- und expiratorisches CO_2 und O_2 sowie in- und expiratorische Fraktion Isofluran wurden mit einem Multiparametermonitor (Cardiicap/5, Anandic, Schaffhausen, CH) kontinuierlich gemessen und alle fünf Minuten notiert. Die Hunde atmeten in der Regel spontan, bei anhaltender respiratorischer Depression wurden sie künstlich beatmet.

Allen Patienten wurde Ringerlaktat mit 10 ml/kg/h infundiert. Sie erhielten Cefazolin 22 mg/kg (Kefzol[®], Teva Pharma, Aesch, CH) zur antibiotischen Abdeckung. Zur weiteren Schmerzbekämpfung wurde den Hunden intraoperativ Fentanyl (Sinteny[®], Sintetica SA, Mendrisio, CH) nach Bedarf als Dauerinfusion verabreicht. Postoperativ erhielten die Hunde Morphin, 0.2-0.5 mg/kg (Morphin-HCl Streuli[®], Streuli Pharma AG, Uznach, CH) intramuskulär oder Buprenorphin, 7-14 mcg/kg (Temgesic[®], Essex Chemie, Luzern, CH) intravenös verabreicht.

Die gesamte Anästhesiedauer wurde nach Beendigung des operativen Eingriffes

ermittelt und notiert. Für die Aufwachphase wurden die Hunde in die Aufwachstation transportiert.

5.4. Ausführung der EDA und Überprüfung der Nadelposition

Für die Ausführung der EDA wurden die Tiere seitlich mit nach kranial gezogenen Hintergliedmassen gelagert. War eine Gliedmasse betroffen, wurde bei der Lagerung jeweils die zu operierende Gliedmasse nach unten platziert. Der lumbosakrale Übergang wurde für die EDA aseptisch vorbereitet. Ein Gebiet von ungefähr 10x10 cm wurde mit einer Schermaschine hautnah ausgeschoren und mit iodhaltiger Seife gewaschen (Betadine® Seife, Provet AG, Lyssach, CH). Nach einer Einwirkzeit von fünf Minuten wurde die Seife mit Wasser abgewaschen. Anschließend wurde die Haut mit Isopropanol behandelt und zum Schluss mit einem jodhaltigen Spray (Betadine® Spray, Provet AG, Lyssach, CH) eingesprüht. Das Platzieren der Spinalkanüle wurde durch jeweils eine von zwei erfahrenen Anästhesistinnen vorgenommen. Die Person, welche die EDA ausführte, trug eine Maske und sterile Handschuhe. Abhängig von Grösse, Gewicht und subkutaner Fettschicht des Hundes wurde eine kurze Spinalkanüle der Grösse 22G (Terumo Spinal Needle 22G 0.70x38mm, Heiland AG, Lyssach, CH) oder eine lange Spinalkanüle der Grösse 22G (Terumo Spinal Needle 20G 0.90x70mm, Heiland AG, Lyssach, CH) verwendet. Der Einstichwinkel betrug 90°.

Unmittelbar nach dem Platzieren der Nadel wurde im Abstand von etwa 1 cm kranial zur Einstichstelle ein Stethoskop (Littman Infant Phonendoskop, 3M Schweiz, Rüschlikon, CH) platziert und das entstehende Geräusch durch eine weitere Anästhesistin rapportiert. Nach zügiger Injektion von jeweils 2 ml Luft mit einer „Loss of Resistance“ - Spritze (Perifix® LOR, B. Braun Medical AG, Sempach, CH) durch die Spinalkanüle wurde das entstehende „Whoosh“-Geräusch als positiv, unklar oder negativ klassifiziert.

Anschließend an den „Whoosh“-Test wurden 0.1 mg/kg Morphin und 0.5 mg/kg Bupivacain (Carbostesin 0.5%, Astra Zeneca AG, Zug, CH) in einer Mischspritze injiziert. Die errechnete Dosis wurde mit steriler Kochsalzlösung auf 1 ml/4.5 kg verdünnt, wobei das maximale Injektionsvolumen pro Tier 6 ml betrug. Die Injektion

erfolgte über einen Zeitraum von ungefähr 60 Sekunden.

Im Anschluss folgte die Messung der epiduralen Druckwellen (Figur 7). Die Spinalkanüle wurde über einen flüssigkeitsgefüllten, nicht dehnbaren Druckleiter (Original-Perfusor[®]-Leitung, B. Braun Medical AG, Sempach, CH) an einen elektronischen Druck-Umwandler (Pressure Transducer DTX/Plus, Becton Dickinson AG, Allschwil, CH) angeschlossen und die Basallinie auf einen Monitor (Cardiacap 5, Anandic Medical Systems, Diessenhofen, CH) transferiert und aufgezeichnet. Der Druckumwandler wurde vor jeder Messung auf Höhe des rechten Vorhofes aus Null geeicht. Nach der Injektion wurden bei vorhandenem Signal anhand des Monitors die Drucklinien klassifiziert in ein deutliches, in kein oder ein unklares Signal, und zudem wurde der ermittelte Epiduraldruck notiert. Der zeitliche Ablauf wurde bewusst kurz gehalten. Die Spinalkanüle wurde angehängt, die EDW gemessen und danach die Spinalkanüle sofort wieder abgehängt.

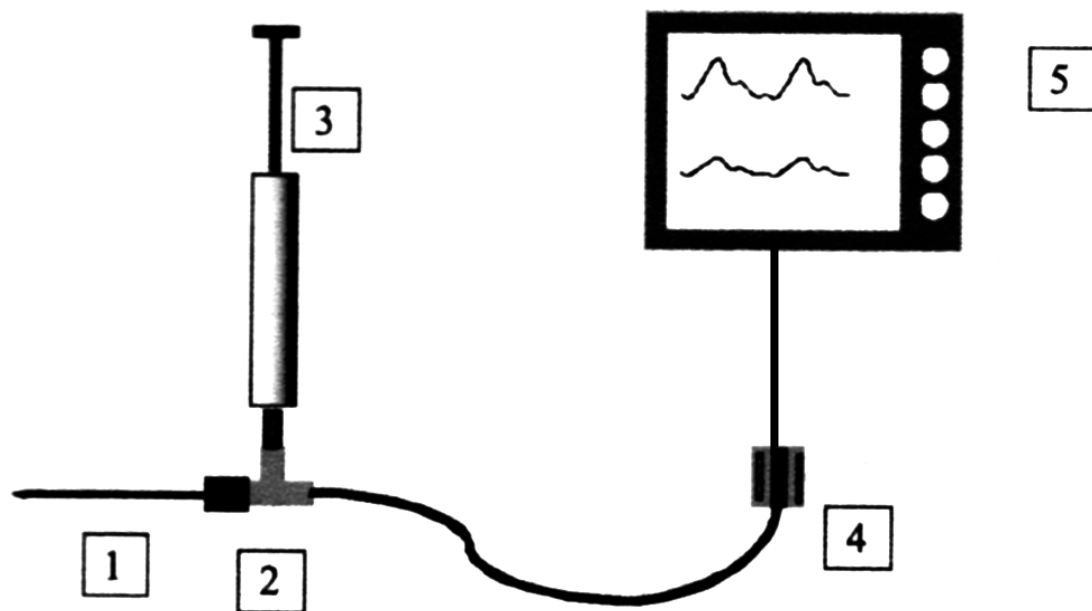


Abbildung 7: Druckmessinstallation. Die Spinalkanüle (1) ist über einen Dreiweghahn (2) einerseits mit der Spritze für die Medikamente der EDA (3), andererseits über einen Druckleiter zum Druck-Umwandler (4) verbunden. Der Druckumwandler überträgt das Signal auf einen Monitor (5) (Iff et al. 2009a).

Der klinische Eindruck wurde anhand der folgenden fünf klinischen Indikatoren bestimmt und als erfüllt oder nicht erfüllt bezeichnet:

1. Verlust des Widerstandes nach dem Durchstechen der sakrokozygealen Membran
2. Einfachheit der Nadelsetzung
3. 90°-Grad-Winkel zwischen Haut und Nadel
4. Einfachheit der Injektion
5. Fehlen einer subkutanen Schwellung nach Injektion

Damit die klinischen Indikatoren als erfüllt bezeichnet werden konnten, mussten mindestens drei von fünf Punkten bestätigt werden. Die Kanüle wurde außerdem auf das Austreten von Cerebrospinalflüssigkeit (CSF) oder Blut überprüft. War Blut oder CSF im Konus sichtbar, wurde die Nadel zurückgezogen und die Punktion mit einer neuen Kanüle wiederholt.

Die Wirksamkeit der EDA wurde während der Operation durch die jeweilige Anästhesistin, anhand klinischer Parameter wie Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz sowie dem intraoperativen Verbrauch an Anästhetika und Analgetika eingeschätzt. Die EDA wurde anhand dieser Kriterien als klinisch wirksam, nicht wirksam oder unklar klassifiziert. Die Beurteilung der Wirksamkeit der EDA diente als Referenz zur Berechnung der Sensitivität und Spezifität der einzelnen Tests.

5.5 Statistische Analysen

Alle Resultate wurden mit Hilfe einer Kontingenztafel erhoben.

Die weiterführenden statistischen Analysen wurden mit dem Programm Stata durchgeführt (StataCorp, 2009; Stata Statistical Software: Release 10.1; College Station, TX, USA: StataCorp LP). Verteilungen kategorischer Daten wurden mittels Chi-Quadrat-Test, respektive Fisher's-Exakt-Test, wenn $n < 5$ war, berechnet. Kontinuierliche Daten wurden im 2-Gruppen-Fall mittels ungepaartem t-Test und im Mehr-Gruppen-Fall mittels faktorieller Varianzanalyse ermittelt. Grundsätzlich wurden p- wie auch F-Werte von < 0.05 als signifikant angesehen.

Die Daten sind, wenn nicht anders bezeichnet, als Mittelwert \pm Standardabweichung (SD) und die Bandbreite (range; minimaler Wert-maximaler Wert) dargestellt.

6. Resultate

Die vorliegenden Daten wurden zwischen Juli 2007 bis Juni 2009 erhoben. Die 80 in dieser Studie eingeschlossenen Hunde gehörten 34 verschiedenen Rassen an (Tab. 2).

Tabelle 2: Übersicht über die 80 in die Studie involvierten Hunderassen

Rasse	Anzahl	Rasse	Anzahl
Akita Inu	2	Flat Coated Retriever	2
American Bulldog	1	Golden Retriever	2
American Staff Terrier	1	Husky	1
Anatolischer Hirtenhund	1	Irish Setter	1
Berner Sennenhund	5	Jack Russell Terrier	1
Berger des pyrenées	1	Labrador	7
Bobtail	1	Maremmano	1
Border Collie	1	Mittelspitz	1
Briard	2	Mischling	21
Cane Corso	1	Picard	2
Continental Bulldog	2	Pinscher	1
Deutscher Schäferhund	6	Rottweiler	4
Dalmatiner	1	Springer Spaniel	1
Dobermann	1	West Highland White Terrier	3
Dogge	1	Yorkshire Terrier	1
Entlebucher Sennenhund	1	Englische Bulldogge	1
Eurasier	1	Französische Bulldogge	1

Von den beteiligten Hunden waren 42 weiblich, davon 26 kastriert, und 38 männlich, davon 12 kastriert. Das mittlere Alter betrug fünf Jahre, der jüngste Hund war vier Monate, der älteste Hund 13 Jahre alt. Das mittlere Körpergewicht betrug 29.3 kg, wobei der leichteste Hund 2.6 kg und der schwerste 65 kg KGW wog. Die Verteilung des Body Condition Score ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Definition des Body Condition Score (BCS) und Verteilung der an der Studie beteiligten Hunde

	Bedeutung	Anzahl Hunde
BCS 1	sehr mager	0
BCS 2	mager	2
BCS 3	normal	48
BCS 4	dick	23
BCS 5	obes	7

Nach der ASA-Klassifikation wurde das Narkoserisiko bei 76 Hunden als gering (ASA I), bei 4 Hunden als mäßig bis hoch eingestuft (ASA II und III) eingestuft. Eine Übersicht über die durchgeführten Operationen ist in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Übersicht über die Operationen, die an den 80 an der Studie beteiligten Hunden durchgeführt wurden. (THP: totale Hüftprothese; TTA: Tuberositas tibia advancement, die in der Klinik für Kleintierchirurgie Zürich bei Kreuzbandriss angewandte Operationsmethode)

Eingriff	Anzahl	Eingriff	Anzahl
Arthrodeese	2	Perianaldrüsen-Exzision	1
Arthroskopie	1	Prostatazysten-Exzision	1
Fraktur Hintergliedmasse	7	THP	27
Femurkopf-Resektion	2	TTA	30
Perinealhernie	1	Tarsus-Luxation	2
Patella Luxation	3	Tumor-Exzision	2
Patellarsehnen-Revision	1	Vulvoplastik	1

(Anmerkung: An einem Hund wurden TTA und THP in derselben Operation durchgeführt, darum Gesamtanzahl n = 81)

Abweichend vom Standardanästhesieprotokoll wie oben beschrieben erhielten 3 Hunde zur Prämedikation eine Kombination aus Valium und Fentanyl, 1 Hund nur Fentanyl, 1 Hund Medetomidin und Buprenorphin, 1 Hund Medetomidin und Methadon, 1 Hund nur Medetomidin und 1 Hund wurde mit Ketamin und Midazolam prämediziert. Die durchschnittliche Anästhesiedauer betrug 200 Minuten \pm 66.7 Minuten, die kürzeste Anästhesie war 90 Minuten lang, die längste Anästhesie dauerte 450 Minuten.

Bei der Beurteilung der klinischen Wirksamkeit der EDA respektive der Lokalisation

der Spinalnadel wurden folgende Resultate ermittelt: Die klinischen Indikatoren wurden bei 72 Hunden als erfüllt, bei 8 als nicht erfüllt definiert. Epidurale Druckwellen konnten bei 26 Hunden dargestellt werden, bei 27 Hunden konnten keine Druckwellen erkannt werden und bei 27 Hunden war das Ergebnis unklar. Der Mittelwert der gemessenen epiduralen Drücke war 3.4 kPa (26.1 mmHg) \pm 1.4 kPa (11.0mmHg), der Minimaldruck betrug -0.7 kPa (-5 mmHg), der Maximaldruck 7.9 kPa (59 mmHg). Ein Hund wies einen subatmosphärischen Druck auf, bei den restlichen 52 Hunden war der Druck im positiven Bereich. Der „Whoosh“-Test ergab bei 55 Hunden ein positives Resultat, bei 13 Hunden war er negativ und bei 12 Hunden unklar. Anhand des perioperativen Verbrauchs an Anästhetika und Analgetika und der Vitalparameter wurde die EDA in 57 Fällen als wirksam, 12 mal als unwirksam und 11 mal als unklar beurteilt.

Weder Gewicht ($p=0.626$) noch BCS ($p=0.524$) hatten einen Einfluss auf das Resultat des „Whoosh“-Tests. Es zeigte sich keine Korrelation zwischen „Whoosh“-Test und ausführender Anästhesistin ($p=0.130$) oder zwischen „Whoosh“-Test und ASA-Klassifizierung ($p=0.851$). Auch das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss ($p=0.111$) auf die Ergebnisse des „Whoosh“-Tests. Sowohl die klinischen Indikatoren ($p=0.315$) als auch die Druckwellen ($p=0.797$) zeigten keine Korrelation zum „Whoosh“-Test. Nur das Alter zeigte eine statistisch signifikante Korrelation zum „Whoosh“-Test ($p=0.047$): bei jüngeren Tieren war der „Whoosh“-Test häufiger negativ.

Im direkten Vergleich mit der klinischen Wirksamkeit der EDA als Referenzwert zeigte sich weder eine Abhängigkeit zwischen der Wirksamkeit und dem Resultat ‚erfüllt‘/‚nicht erfüllt‘ der klinischen Indikatoren ($F=0.051$) noch zwischen der Wirksamkeit und dem Auftreten respektive Fehlen von Druckwellen ($F=0.080$). Auch beim Vergleich der möglichen Abhängigkeit von Wirksamkeit und „Whoosh“-Test ‚positiv‘ oder ‚negativ‘ ($F=0.128$) und von Wirksamkeit versus ausführende Anästhesistin ($F=0.185$) zeigte sich keine statistische Signifikanz. Beim Untersuch der Abhängigkeit des „Whoosh“-Tests zu den einzelnen anderen Testmethoden fand man überall - bei den klinischen Indikatoren ‚erfüllt‘ oder ‚nicht erfüllt‘ ($F=0.315$), bei den epiduralen Druckwellen ‚vorhanden‘ oder ‚fehlend‘ ($F=0.797$) und bei den beiden Anästhesistinnen ($F=0.130$) - eine zufällige Verteilung und somit keine

Korrelation. Anders bei den klinischen Indikatoren. Während die Abhängigkeiten von klinischen Indikatoren und „Whoosh“-Test ‚positiv‘ oder ‚negativ‘ ($F=0.315$) sowie von klinischen Indikatoren und Anästhesistinnen ($F=0.283$) rein zufällig verteilt waren, ergab sich bei klinischen Indikatoren und epiduralen Druckwellen mit $F=0.002$ ein signifikanter statistischer Unterschied. Die Wahrscheinlichkeitsrate (LR) von ‚klinische Indikatoren erfüllt‘ bei gleichzeitig ‚keine Druckwellen‘ beträgt -10.3 (bei 1.5 zu erwartenden Fällen), die LR bei ‚nicht erfüllte Klinik‘ und ‚keine Druckwellen‘ liegt bei 17.4 (bei 10.4 zu erwartenden Fällen).

Die in ihrer klinischen Wirksamkeit als unklar eingestuften Fälle, 11 insgesamt, wurden aus der statistischen Auswertung ausgeschlossen. Nach Elimination dieser Fälle ergab sich aus den verbleibenden 69 Fällen für die klinische Wirksamkeit der EDA eine Prävalenz von 82.6%. Für die folgenden Berechnungen von Sensitivität und Spezifität der einzelnen Tests - epidurale Druckwellen, „Woosh“-Test und klinische Indikatoren, - wurde jeweils die Wirksamkeit der EDA als Referenzwert gebraucht. Unklare Werte sowohl beim „Whoosh“-Test wie auch bei den epiduralen Druckwellen wurden als negativ gewertet.

Eine Sensitivität von 43.9% und eine Spezifität von 100% liessen sich für die epiduralen Druckwellen berechnen. Die genauen Zahlen inklusive den 95%-Vertrauensintervallen sind in Tabelle 5 ersichtlich, die obere Tabelle zeigt die Eingabewerte, die untere Tabelle die Resultate der statistischen Analyse.

Tabelle 5: Sensitivität und Spezifität der epiduralen Druckwellen

	EDA wirksam	EDA nicht wirksam	
EDW positiv	25	0	
EDW negativ	32	12	
total	57	12	

	geschätzter Wert	95% Vertrauensintervall	
		unteres Limit	oberes Limit
Prävalenz	0.826	0.712	0.903
Sensitivität	0.439	0.310	0.576
Spezifität	1	0.699	1

Für den „Whoosh“-Test ergab sich eine Sensitivität von 73.7% mit einem 95%-Vertrauensintervall von 60.1% bis 84.1% und eine Spezifität von 50% mit einem 95%-Vertrauensintervall von 22.3% bis 77.7% (Tab. 6).

Tabelle 6: Sensitivität und Spezifität des „Whoosh“-Tests

	EDA wirksam	EDA nicht wirksam
„Whoosh“ positiv	42	6
„Whoosh“ negativ	15	6
total	57	12

	geschätzter Wert	95% Vertrauensintervall	
		unteres Limit	oberes Limit
Prävalenz	0.826	0.712	0.903
Sensitivität	0.737	0.601	0.841
Spezifität	0.5	0.223	0.777

Für die klinischen Indikatoren ergaben sich eine Sensitivität von 93.0% (95%-Vertrauensintervall 82.2% bis 97.7%) und eine Spezifität von 33.3% (95%-Vertrauensintervall 11.3% bis 64.6%).

Tabelle 7: Sensitivität und Spezifität der klinischen Indikatoren

	EDA wirksam	EDA nicht wirksam
Klinik erfüllt	53	8
Klinik nicht erfüllt	4	4
total	57	12

	geschätzter Wert	95% Vertrauensintervall	
		unteres Limit	oberes Limit
Prävalenz	0.826	0.712	0.903
Sensitivität	0.930	0.822	0.978
Spezifität	0.333	0.113	0.646

Eine Zusammenfassung der klinisch relevanten Resultate von Sensitivität und Spezifität ist in Tabelle 8 ersichtlich.

Tabelle 8: Zusammenfassung Sensitivität und Spezifität der verschiedenen Testmethoden zur Überprüfung der Lokalisation der Epiduralnadel bei 80 Hunden

	epidurale Druckwellen	„Whoosh“-Test	klinische Indikatoren
Sensitivität	43.9%	73.7%	93.0%
Spezifität	100%	50.0%	33.3%

7. Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, den „Whoosh“-Test zur Identifikation des Epiduralraumes beim Hund zu evaluieren. Bei 80 Hunden wurde der „Woosh“-Test mit der Messung der epiduralen Druckwellen verglichen. Ebenfalls notiert zum Vergleich wurde, ob die klinischen Indikatoren erfüllt waren oder nicht. Mehr als 80% aller Epiduralanästhesien (EDA) waren gemäß perioperativer klinischer Beurteilung der Wirksamkeit erfolgreich platziert. Bei den klinischen Indikatoren waren in 71 Fällen (89%) mindestens drei von fünf Kriterien erfüllt, bei 26 Patienten (33%) waren epidurale Druckwellen messbar und bei 55 Hunden (69%) war ein „Whoosh“-Geräusch kranial der Einstichsstelle hörbar.

Im Vergleich zur bestehenden Literatur in der Humanmedizin sind die hier präsentierten Resultate für die **klinischen Indikatoren** ähnlich. Die über einen Zeitraum von einem Jahr erhobenen Zahlen der prospektiven Studie von Eastwood mit 131 adulten Patienten ergaben bezüglich der klinischen Indikatoren eine Sensitivität von 94% und eine Spezifität von 20% (Eastwood et al. 1998). Talwar et al. erreichten noch bessere Resultate. Ihre Daten aus dem Jahr 2006 von 60 juvenilen Patienten belegten 100%igen Erfolg sowohl bei Sensitivität, Spezifität und auch positiv prädiktivem Wert (Talwar et al. 2006). In dieser Studie wurde die EDA nicht immer vom selben Anästhesisten durchgeführt. Dies führte zu keiner Beeinflussung der Testresultate. Auch in der hier vorliegenden Studie war der Erfolg des Testes unabhängig von der Anästhesistin. Es gibt bisher keine publizierten Daten zu Spezifität und Sensitivität der klinischen Indikatoren in der Veterinärmedizin. Dennoch wird gerade diese klinische Beurteilung der EDA, zusammen mit der effektiven Wirksamkeit gemessen anhand des perioperativen Verbrauches an Anästhetika und Analgetika und den Vitalparametern, häufig als Referenz verwendet. Im Unterschied zur Studie von Talwar et al. (2006), bei welcher die Spinalkanüle bei Kindern in einem Winkel von 45° platziert wurde, wurde in der vorliegenden Studie ein Winkel von 90° gewählt als eines der fünf Kriterien der klinischen Indikatoren. Diese Änderung wurde vorgenommen, weil beim Hund die EDA üblicherweise im 90° Winkel gesetzt wird (Skarda and Tranquilli 2007a).

Zum „**Loss of resistance**“-Test ist folgendes festzuhalten: Zu den bedeutenden

Risiken dieser Technik in der Humanmedizin gehört die Möglichkeit eines Luftembolus. Diese Komplikation ist vor allem bei Kindern gefürchtet (Guinard and Borboen 1993). Dieses Phänomen ist in der Veterinärmedizin weniger bekannt. Entweder sind Tiere im Vergleich zum Menschen weniger empfindlich oder allfällige Probleme werden nicht bemerkt. Um in der Humanmedizin das Risiko beim „Loss of resistance“-Test so gering wie möglich zu halten, wurde die LOR-Technik mehrfach modifiziert. Carden und Ori zum Beispiel haben einen Bi-digitalen Drucktest (BiP) entwickelt, bei welchem neben der Spinalkanüle mit zwei Fingern Druck auf das Gewebe ausgeübt wird. Durch den zusätzlichen Druck wird die Gewebedichte erhöht, mögliche Fettschichten zusammengepresst und dadurch verhindert, dass es beim Einführen der Kanüle bereits im subkutanen Fettgewebe und nicht erst im Epiduralraum zu einem Widerstandsverlust kommt (Carden and Ori 2006).

Im Jahr 2001 hat die Gruppe um Ghia in der Humanmedizin erstmals untersucht, ob sich die Messung **epiduraler Druckwellen** eignet, den korrekten Sitz der Epiduralkanüle zu überprüfen. Dreizehn Patienten erhielten eine EDA, deren Wirksamkeit sowohl mittels Computertomographie als auch anhand der klinischen Zeichen einer adäquaten Analgesie überprüft wurde. Bei allen fünf Patienten mit wirksamer EDA konnten epidurale Druckwellen gemessen werden. Bei denjenigen 8 Patienten, bei welchen die EDA nicht wirksam war, konnten auch keine epiduralen Druckwellen nachgewiesen werden (Ghia et al. 2001). Was die Auswertung von Sensitivität und Spezifität der epiduralen Druckwellen in der Veterinärmedizin anbelangt, fehlen vergleichbare Daten. Isabel Iff und ihre Gruppe präsentierten in ihren Arbeiten über epidurale Druckwellen bei Hund, Ziege und Pferd jeweils absolute Messwerte. In ihrer Studie an 18 Hunden aus dem Jahre 2007 konnten sie bei allen beteiligten Tieren synchron zur arteriellen Pulswelle epidurale Druckwellen nachweisen. Fünfzehn Tiere zeigten bereits messbare Wellen vor Injektion der Medikamente (aber nach Durchführung des LOR mit steriler Kochsalzlösung), nach Injektion wurden bei allen 18 Hunden epidurale Druckwellen registriert. Diese bewegen sich zu Versuchsbeginn bei 0.1 kPa (1.3 mmHg), am Ende bei 5.5 kPa (41.3 mmHg) (Iff et al. 2007). Die Werte in der hier vorliegenden Studie erreichten nach Injektion Mittelwerte um 3.4 kPa (26.1 mmHg). Mit einer Ausnahme lagen auch in der vorliegenden Studie alle gemessenen epiduralen Drücke im positiven Bereich.

Obschon Bengis und Guyton 1977 gezeigt haben, dass beim Hund der Epiduraldruck im subatmosphärischen Bereich liegt (Bengis and Guyton 1977), kann davon ausgegangen werden, dass der Epiduraldruck beim Hund gleich dem des Menschen verschiedensten Einflüssen unterliegt, die eine Verschiebung des Druckgefälles vom subatmosphärischen in den positiven Bereich bewirken. Eine solche Verschiebung ist abhängig vom intraabdominalen beziehungsweise intrathorakalem Druck und wird massgeblich beeinflusst vom Ort der Injektion und der Position des Patienten (Bromage 1978). Auch konnte Rocco et al. 1997 zeigen, dass der Epiduraldruck positiv wird, sobald Flüssigkeit in den Epiduralraum injiziert wird (Rocco et al. 1997). Ein unterschiedliches Messinstrument oder eine falsche Messtechnik (Position des Druckumwandlers) können auch zu „falsch“ positiven Druckwertem führen. Da in der vorliegenden Studie die Druckwellen erst nach Injektion der Medikamente in den Epiduralraum gemessen wurden, ist es naheliegend dass die Druckwellen mehrheitlich im positiven Bereich lagen.

Die schlechte Sensitivität (43.9%) der Epiduralwellenmessung in dieser Studie kann möglicherweise so erklärt werden, dass Iff et al. 2007 in ihrer experimentellen Studie die EDA immer in sternaler Lage, die Hintergliedmassen nach kranial gelagert, durchgeführt hat. In der vorliegenden Studie wurden die Hunde seitlich gelagert, um eventuell bereits vorhandenen Weichteil- und Knochentraumata mit möglichst geringer Manipulation der Gliedmasse zu schonen und die Tiere vor weiteren Verletzungen zu schützen. In der Iff-Studie mit 9 Ziegen aus dem Jahre 2009 wurde die EDA auch in Seitenlage durchgeführt. Vor Medikamenteninjektion wies keine (0%) der Ziegen messbar epidurale Druckwellen auf, nach der Injektion waren nur bei fünf Ziegen (45%) epidurale Druckwellen messbar (Iff et al. 2009a). Die unterschiedliche Lagerung - seitlich versus sternal - könnte ein entscheidender Grund dafür sein, wieso Iff et al. bei ihren Messungen von epiduralen Druckwellen bei Hunden erfolgreich war, während die Sensitivität in der vorliegenden Studie sehr tief ist.

Naganobu und Hagio haben in ihrer Studie 2007 mit 17 Hunden gezeigt, dass auch die **„Hanging drop“**- Methode in seitlicher Position nicht zuverlässig ist (Naganobu and Hagio 2007). Bei 7 von 8 Hunden, bei denen der Test in sternaler Lage durchgeführt wurde, war er positiv und der Tropfen steriler Kochsalzlösung wurde

durch den bei der Penetration des Epiduralraumes entstehenden Druckunterschied aspiriert. Im Gegensatz dazu hat der Hanging drop-Test bei keinem der 8 Hunde, bei welchen der Test in Seitenlage durchgeführt wurde, zu einem positiven Resultat geführt.

Ein weiterer Unterschied zur Iff-Studie liegt in der detaillierten Ausführung der Messmethode. Die Gruppe um Iff wartete nach dem Platzieren der Spinalkanüle drei Minuten bis zur Aufzeichnung des epiduralen Basaldruckes. Erst dann wurden die Medikamente injiziert. Fünf Sekunden nach Beenden der Injektion wurde wiederum der Druck gemessen und die Differenz zwischen Epiduraldruck nach Injektion und Basaldruck berechnet. Die Druckprofile wurden für weitere 10 Minuten aufgezeichnet (Iff et al. 2007). In der vorliegenden Studie war die Sensitivität möglicherweise geringer wegen der Unterschiede in der Technik. Da diese Studie an klinischen Patienten durchgeführt wurde, hat man auf eine Messung der epiduralen Druckwellen und dadurch Verlängerung der Anästhesiedauer verzichtet. Beal et al. haben in ihrer Studie mit Hunden und Katzen aus dem Jahre 2000 eindrücklich nachgewiesen, dass pro Minute längerer Anästhesie das Infektionsrisiko um 0.5% zunimmt. Auf eine Stunde Anästhesie ergibt das eine Steigerung des Infektionspotentials um 30% (Beal et al. 2000). Aus dem gleichen Grund wurde hier bei dieser Studie - anders als bei der Iff-Gruppe 2007 - auf eine radiologische Durchleuchtung verzichtet, um die korrekte Lokalisierung der Spinalkanüle im Epiduralraum zu verifizieren. Zum einen hätte der Patient für den Transport in die Röntgenabteilung nochmals mobilisiert und transportiert werden müssen, was wiederum bestehende Traumata negativ beeinflusst hätte. Zum anderen hätten Transport und Durchführung der radiologischen Aufnahmen die Anästhesiedauer deutlich verlängert und somit das Infektionsrisiko erhöht. Die durchschnittliche Anästhesiedauer in der vorliegenden Studie betrug bereits 200 Minuten. Die hier angewendete Referenzmethode, die Verifizierung der Wirksamkeit der EDA intraoperativ anhand von Verbrauch von Fentanyl und Isofluran und dem Verlauf der Vitalparameter, wurde nicht standardisiert, sondern der jeweiligen Anästhesistin zur Beurteilung überlassen. Diese Methode ist sehr subjektiv und hätte zumindest insofern verbessert werden können, dass eine einzige Anästhesistin alle 80 Hunde anästhesiert hätte. Die klinischen Umstände haben dies aber nicht erlaubt.

Erfolg und Nutzen der **„Whoosh“-Technik** in der Humananästhesie wurden diskutiert. Es ist darauf hinzuweisen, dass in der Humanmedizin der „Whoosh“-Test mehrheitlich zur Lokalisierung des kaudalen Epiduralraumes angewendet wird. Diese Form der Epiduralanästhesie ist beim Hund jedoch technisch schwierig und wird darum kaum durchgeführt. Beim Hund wird in der Regel die lumbosakrale EDA angewendet, auch wenn nur die kaudalen Bereiche anästhesiert werden sollen. Da der „Whoosh“-Test beim Menschen aber offenbar eine Hilfe ist in der Identifizierung des Epiduralraumes, wurde angenommen, dass der Test auch eine Methode zur Lokalisation des lumbosakralen Epiduralraumes beim Hund sein könnte. Die vorliegende Studie konnte beweisen, dass der „Whoosh“-Test sich auch zur korrekten Identifikation des Epiduralraumes eignet. Die Lewis-Studie aus dem Jahre 1992 umfasste 26 Patienten, davon wurde bei 19 Patienten die EDA korrekt platziert. Die korrekte Lokalisierung des Epiduralraumes wurde mit Hilfe einer Epidurographie verifiziert. Alle Patienten mit einer wirksamen EDA wiesen auch einen positiven „Whoosh“-Test auf. In seinen Ergebnissen hatte Lewis keine falsch positiven Resultate (Lewis et al. 1992). Orme und Berg platzierten in ihrer Studie aus dem Jahre 2003 bei 113 Kindern 108 EDA korrekt. Die Wirksamkeit wurde anhand der klinischen Parameter wie zusätzlichem Verbrauch von Anästhetika intraoperativ und postoperativer Analgesie beurteilt. Auch bei ihnen erwies sich der modifizierte „Whoosh“-Test (der sogenannten „Swoosh“-Test, bei welchem anstelle von Luft direkt die Medikamente injiziert werden) mit einer Sensitivität von 91% und einer Spezifität von 100% als sehr zuverlässig (Orme and Berg 2003). In ihrer Studie aus dem Jahre 2006 haben Talwar et al. die 60 involvierten Kinder in 2 Gruppen eingeteilt. Bei der einen Gruppe führten sie den „Whoosh“-Test durch, bei der anderen Gruppe den modifizierten „Swoosh“-Test. Beim modifizierten „Swoosh“-Test werden anstelle von Luft oder Medikamenten 2ml sterile Kochsalzlösung injiziert. Bei 29 korrekt platzierten EDAs und einer Sensitivität wie auch einer Spezifität von 100% in der „Whoosh“-Gruppe erreichten sie sehr gute Resultate. Die Sensitivität des modifizierten „Swoosh“-Tests lag bei 93%, die Spezifität bei nur 50%. Auch hier wurde als Referenz der intraoperative Verbrauch an Anästhetika beurteilt (Talwar et al. 2006). Die Eastwood-Studie aus dem Jahre 1998 ergab bei 131 Patienten 121 korrekt platzierte Epiduralanästhesien. Die Überprüfung der korrekten

Lokalisation erfolgte fluoroskopisch. Für den „Whoosh“-Test ergaben sich eine Sensitivität von 80% und eine Spezifität von 60% (Eastwood et al. 1998). Diese Zahlen bewegen sich im Bereich von den hier präsentierten Ergebnissen (Sensitivität von 73.7% und Spezifität von 50%).

An der vorliegenden Studie waren total 9 verschiedene Anästhesisten beteiligt, die das „Whoosh“-Geräusch mit dem Stethoskop auskultierten. Weniger Abhör-Personen hätten wahrscheinlich zu einem besseren Resultat des „Whoosh“-Testes bezüglich Spezifität geführt. Das individuelle akustische Empfinden ist sehr subjektiv und deshalb ein großer Unsicherheitsfaktor. Es scheint einen gewissen Lerneffekt zu brauchen, um das „Whoosh“-Geräusch korrekt zu identifizieren und zum Beispiel von einem Geräusch zu unterscheiden, welches bei der subkutanen Injektion von Luft entsteht. Für die Detektion von sehr leisen Geräuschen würde sich ein akustisch verstärktes Stethoskop eventuell besser eignen als ein einfaches Stethoskop, wie es hier verwendet wurde. Von Schwartz et al. wurde 2006 als Reaktion auf die Resultate von Talwar (2006) und Orme und Berg (2003) empfohlen, anstelle eines normalen Stethoskopes ein Doppler-Stethoskop zu benützen (Schwartz et al. 2007). Aber die Praxistauglichkeit würde durch die Notwendigkeit eines Doppler-Stethoskopes reduziert. In der vorliegenden Studie wurde ein Neonaten-Stethoskop verwendet, dass sensitiver ist als ein Stethoskop für adulte Patienten.

Ein möglicherweise negativer Punkt der „Whoosh“-Technik ist, dass mit dem Aufsetzen des Stethoskops kranial der Einstichstelle die vorherrschenden sterilen Bedingungen verletzt werden. Da zu diesem Zeitpunkt aber die Spinalnadel schon gesetzt ist, dürfte dies nicht von grosser Bedeutung sein. Positiv ist, dass die Verlängerung der Anästhesiedauer beim „Whoosh“-Test minimal ist, das Infektionsrisiko wird also nicht unnötig vergrössert. Und es gibt auch keine zusätzlichen Infektionsrisiken, wie sie theoretisch beim Anschluss von Transducer und Perfusorleitung an die Spinalkanüle zur Epiduraldruckmessung möglich sind.

Von den an dieser Studie beteiligten Hunden entsprachen 48 Hunde der Statur normalgewichtiger Tiere, 23 der Hunde waren zu dick, 7 Hunde sogar obes; nur zwei Hunde waren mager. Die durchgeführten Chi Quadrat- und Fisher's Exakt-Tests zeigten in den meisten Fällen eine zufällige Verteilung und keine statistisch signifikante Abhängigkeit der miteinander verglichenen Variablen (p oder $F > 0.05$).

Auch zwischen der klinischen Wirksamkeit der EDA und dem Gewicht respektive dem Body condition score (BCS) der Versuchstiere gab es keine Korrelation. Es wäre zu erwarten gewesen, dass es schwieriger ist, bei dicken Tieren den Epiduralraum korrekt zu identifizieren wie es bereits in mehreren Studien publiziert wurde (Brook 1935; Heath 1986). Dies konnte hier nicht bestätigt werden. Überraschend ist die Korrelation der Ergebnisse beim Alter. Es wäre zu erwarten gewesen, dass infolge der zunehmenden Verknöcherung des Intervertebralspaltess im Alter die Identifikation des Einstichortes schwieriger und deshalb die korrekte Identifikation und die Wirksamkeit der EDA schlechter sei. Aus den hier präsentierten Daten ist aber ersichtlich, dass vermehrt bei jungen Tieren die EDA nicht wirksam war. Die Autorin hat hierfür keine Erklärung. Der Wert war aber nur knapp statistisch signifikant ($p=0.047$). Es ist nicht anzunehmen, dass dieses Resultat von klinischer Bedeutung ist. Die Wahrscheinlichkeitsrate (LR) von ‚klinische Indikatoren erfüllt‘ bei gleichzeitig ‚keine Druckwellen‘ beträgt -10.3. Bei 1.5 zu erwartenden Fällen ist die LR hier deutlich zu niedrig. Die Wahrscheinlichkeitsrate bei ‚nicht erfüllte Klinik‘ und ‚keine Druckwellen‘ ist mit 17.4 bei 10.4 zu erwartenden Fällen erhöht. Auch hier ist die klinische Relevanz fraglich. Das vergleichsweise schlechte Abschneiden der epiduralen Druckwellenmessung hat möglicherweise damit zu tun, dass die seitliche Lagerung ungeeignet ist für diese Messmethode. Aber aus oben genannten Gründen wurden die Hunde in dieser Studie alle seitlich gelagert.

Fazit der vorliegenden Auswertungen ist, dass keine der miteinander verglichenen Methoden zur Lokalisierung des Epiduralraumes beim Hund 100% zuverlässig ist. Sowohl die klinischen Indikatoren wie auch der „Whoosh“-Test weisen im Vergleich zu den epiduralen Druckwellen eine gute Sensitivität auf. Sie sind ohne grossen Aufwand schnell, billig und einfach anwendbar und ermöglichen so unkompliziert das korrekte Auffinden des Epiduralraumes. Bei der Spezifität hingegen ist es genau umgekehrt. Zwar merkt man anhand des klinischen Bildes intra- und postoperativ relativ gut, ob die EDA korrekt platziert wurde, nur ist es dann zum Umplatzieren der Kanüle zu spät. Einen schlechten Sitz frühzeitig zu detektieren ist sicherlich der grosse Vorteil der Messung von epiduralen Druckwellen. Erstaunlich ist, dass die klinischen Indikatoren bezüglich Sensitivität trotz ihrer eher unspezifisch wirkenden Selektivität dennoch so gut abschneiden. Gerade ihre Beurteilung erscheint doch zum

Beispiel bei obesen Tieren eher schwierig. Bei Übergewicht lassen sich die knöchernen Orientierungspunkte nur schlecht identifizieren, allenfalls ist auch die Spinalnadel zu kurz, und zusätzlich wird eine subkutane Schwellung gegebenenfalls durch eine übermäßige Fettschicht maskiert. Schaut man die vorliegenden Daten im Detail an, ist auch ersichtlich, dass von den 8 Hunden, bei denen die klinischen Indikatoren als nicht erfüllt notiert wurden, drei als obes und einer als dick kategorisiert wurden. Anhand der Ergebnisse dieser Studie scheint die Kombination von „Whoosh“-Technik und klinischen Indikatoren empfehlenswert zu sein. Beide Methoden sind praxistauglich, was Aufwand und Technik angeht. Der Zeitaufwand ist klein und die Zuverlässigkeit könnte durch die Kombination gesteigert werden. Dies wäre in einer weiteren Studie zu untersuchen, wobei man im Idealfall die fluoroskopische Kontrolle als Referenz nehmen sollte. Die Druckmessung hingegen ist zwar was die Spezifität anbelangt sehr sicher, aber die geringe Sensitivität relativiert dies. Außerdem sind zeitlicher und technischer Aufwand bei dieser Messmethode groß, was die Praxistauglichkeit deutlich reduziert.

8. Referenzen

Beal, M. W., Brown, D. C. and Shofer, F. S. (2000). "The Effects of Perioperative Hypothermia and the Duration of Anesthesia on Postoperative Wound Infection Rate in Clean Wounds: A Retrospective Study." Vet Surg **29**(2): 123-127.

Bengis, R. G. and Guyton, A. C. (1977). "Some pressure and fluid dynamic characteristics of the canine epidural space." Am J Physiol **232**(3): 255-259.

Bier, A. (1899). "Versuch über Cocainisierung des Rückenmarkes." Dtsch Z Chir **51**: 361-369.

Bromage, P. (1978). "Epidural pressures." Epidural Analgesia(First Edition, W.B.Saunders): 160-175.

Brook, G. B. (1935). "Spinal (epidural) anaesthesia in the domestic animals." Vet Rec **15**: 659-667.

Carden, E. and Ori, A. (2006). "The BIP Test: A modified LOR Technique for confirming Epidural Needle Placemanet." Pain Physician **9**(4): 323-325.

Chan, S. Y., Tay, H. B. and Thomas, E. (1993). "Whoosh test as a teaching aid in caudal block." Anaesth Intensive Care **21**(4): 414-415.

Chaney, M. A. (1995). "Side Effects of Intrathecal and Epidural Opioids." Can J Anaesth **42**(10): 891-903.

Chawathe, M. S., Jones, R. M., Gildersleve, C. D., Harrison, S. K., Morris, S. J. and Eickmann, C. (2003). "Detection of epidural catheters with ultrasound in children." Paediatr Anaesth **13**(8): 681-684.

Corning, J. L. (1885). "Spinal anaesthesia and local medication of the spinal cord." NY Med J(October 31st): 483-485.

Duce, B. R., Zelechowski, K., Camougis, G. and Smith, E. R. (1969). "Experimental epidural anaesthesia in the cat with lignocaine and amethocaine." Br J Anaesth **41**(7): 579-587.

Eastwood, D., Williams, C. and Buchan, I. (1998). "Caudal epidurals: the whoosh test." Anaesthesia **53**(3): 305-307.

Eidelman, A., Shulman, M. and Novak, G. (2005). "Fluoroscopic imaging for technically difficult spinal anesthesia." J Clin Anesth **17**(1): 69-71.

Freye, E. (2008). "Wirkung und Einsatzgebiete zentraler Analgetika." Opioide in der Medizin(7. Auflage, Springer Verlag).

Ghia, J., Arora, S., Castillo, M. and Mukherji, S. (2001). "Confirmation of location of epidural catheters by epidural pressure waveforms and computed tomography cathetergram." Reg Anesth Pain Med **26**(4): 337-341.

Gourlay, G. K., Cherry, D. A., Plummer, J. L., Armstrong, P. J. and Cousins, M. J. (1987). "The influence of drug polarity on the absorption of opioid drugs into CSF and subsequent cephalad migration following lumbar epidural administration: application to morphine and pethidine." Pain **31**(3): 297-305.

Guinard, J.-P. and Borboen, M. (1993). "Probable venous air embolism during caudal anesthesia in a child." Anesth Analg **76**(5): 1134-1135.

Hansen, B. D. (2001). "Epidural Catheter Analgesia in Dogs and Cats: Technique and Review of 182 Cases (1991-1999)." J Vet Emerg Crit Care **11**(2): 95-103.

Heath, R. B. (1986). "The practicality of lumbosacral epidural analgesia." Semin Vet Med Surg (Small Anim) **1**(3): 245-248.

Heath, R. B., Broadstone, R. V., Wright, M. and Grandy, J. L. (1989). "Using bupivacaine hydrochloride for lumbosacral epidural analgesia." Compendium of Continuing Education for the Practising Veterinarian **11**: 50-55.

Hedlund, C. S. (2002). "Surgery of the Integumentary System." Fossum's Small Animal Surgery(Second Edition, Mosby): 141.

Iff, I., Larenza, M. P. and Moens, Y. (2009a). "The extradural pressure profile in goats following extradural injection." Vet Anaesth Analg **36**(2): 180-185.

Iff, I., Moens, Y. and Schatzmann, U. (2007). "Use of pressure waves to confirm the correct placement of epidural needles in dogs." Vet Rec **161**(1): 22-25.

Iff, I., Mosing, M. and Moens, Y. (2009b). "Pressure profile in the caudal extradural space of standing horses before and after extradural drug administration." Vet J **180**(1): 112-115.

Jones, R. S. (2001). "Epidural Analgesia in the Dog and Cat." Vet J **161**(2): 123-131.

Joshua, J. O. (1956). "Epidural anaesthesia." Vet Rec **68**: 801-803.

Lee, M. E. (1988). "Identification of the caudal epidural space." Anaesthesia **43**(8): 705-706.

Lewis, M. P. N., Thomas, P., Wilson, L. F. and Mulholland, R. C. (1992). "The 'whoosh' test. A clinical test to confirm correct needle placement in caudal epidural injections." Anaesthesia **47**(1): 57-58.

Muir, W. W. (2007a). "Considerations for general anesthesia." Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia(Fourth Edition, Blackwell Publishing): 17.

Muir, W. W. (2007b). "Cardiovascular System." Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia(Fourth Edition, Blackwell Publishing): 61-116.

Naganobu, K. and Hagio, M. (2007). "The effect of body position on the 'hanging drop' method for identifying the extradural space in anaesthetized dogs." Vet Anaesth Analg **34**(1): 59-62.

Nickel, R., Schummer, A. and Seiferle, E. (1992). "Zentralnervensystem, Systema nervosum centrale." Lehrbuch der Anatomie der Haustiere(Band IV: Nervensystem, Sinnesorgane, endokrine Drüsen, Verlag Paul Parey): 28-40.

Orme, R. M. and Berg, S. J. (2003). "The 'swoosh' test- an evaluation of a modified 'whoosh' test in children." Br J Anaesth **90**(1): 62-65.

Read, M. R. (2007). "Confirmation of epidural needle placement using nerve stimulation in dogs (abstract)." Annual Meeting IVAPM 2007, Montreal (Canada).

Renfrew, D. L., Moore, T. E., Kathol, M. H., el-Khoury, G. Y., Lemke, J. H. and Walker, C. W. (1991). "Correct placement of epidural steroid injections: fluoroscopic guidance and contrast administration." AJNR Am J Neuroradiol **12**(5): 1003-1007.

Rocco, A., Philip, J., Boas, R. and Scott, D. (1997). "Epidural space as a Starling resistor and elevation of inflow resistance in a diseased epidural space." Reg Anesth **22**(2): 167-177.

Rodgers, A., Walker, N., Schug, S., McKee, A., Kehlet, H., van Zundert, A., Sage, D., Fitter, M., Saville, G., Clark, T. and MacMahon, S. (2000). "Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural or spinal anaesthesia: results from overview of randomised trials." BMJ **321**(7275): 1493.

Saberski, L. R., Kondamuri, S. and Osinubi, O. Y. (1997). "Identification of the epidural space: is loss of resistance to air a safe technique? A review of the

complications related to the use of air." Reg Anesth **22**(1): 3-15.

Schwartz, D., Raghunathan, K. and Han, D. (2007). "The 'Doppler-swoosh' test: a further modification to the 'swoosh' test." Paediatr Anaesth **17**(6): 600-601.

Singh, M. and Khan, R. M. (2000). "Use of a peripheral nerve stimulator for predicting caudal epidural analgesia." Anaesthesia **55**(8): 830-831.

Skarda, R. and Tranquilli, W. J. (2007a). "Local and regional anesthetic and analgesic techniques: dogs." Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia(Fourth Edition, Blackwell Publishing): 561-593.

Skarda, R. T. and Tranquilli, W. J. (2007b). "Local Anesthetics." Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia(Fourth Edition, Blackwell Publishing): 395-418.

Spreull, J. S. A. (1958). "Accidents associated with anaesthesia." Vet Rec **70**: 981.

Stitz, M. Y. and Sommer, H. M. (1999). " Accuracy of blind versus fluoroscopically guided caudal epidural injection." Spine **24**(13): 1371-1376.

Talwar, V., Tyagi, R., Mullick, P. and Gogia, A. R. (2006). "Comparison of 'whoosh' and modified 'swoosh' test for identification of the caudal epidural space in children." Paediatr Anaesth **16**(2): 134-139.

Telford, R. J. and Hollway, T. E. (1991). "Observation on deliberate dural puncture with a Tuohy needle: pressure measurements." Anaesthesia **46**(9): 725-727.

Thomas, P. S., Gerson, J. I. and Strong, G. (1992). "Analysis of human epidural pressures." Reg Anesth **17**(4): 212-215.

Valverde, A. (2008). "Epidural analgesia and anesthesia in dogs and cats." Vet Clin North Am Small Anim Pract **38**(6): 1205-1230.

Valverde, A., Dyson, D. H., McDonell, W. N. and Pascoe, P. J. (1989). "Use of epidural morphine for pain relief in the dog." Vet Comp Orthop Traumatol **2**: 55-58.

Visser, L. (2001). "Epidural Management and Choice of Drugs." Epidural Anaesthesia **11**(13): 1-4.

Weiss, C. (2008a). "Tests zum Vergleichen von Häufigkeiten." Basiswissen Medizinische Statistik(4. Auflage, Springer Verlag): 229-246.

Weiss, C. (2008b). "Wahrscheinlichkeiten in der Medizin." Basiswissen Medizinische Statistik(4. Auflage, Springer Verlag): 101-122.

Weiss, C. (2008c). "Schätzverfahren." Basiswissen Medizinische Statistik(4. Auflage, Springer Verlag): 173-186.

Weiss, C. (2008d). "Studien zu Diagnostik und Prävention." Basiswissen Medizinische Statistik(4. Auflage, Springer Verlag): 281-292.

Wellhörner, H.-H. (1997a). "Pharmakologie der Nervenleitfähigkeit." Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie(6. Auflage, Springer Verlag): 287-289.

Wellhörner, H.-H. (1997b). "Pharmakologie des Zentralnervensystems." Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie(6. Auflage, Springer Verlag): 404-416.

Wellhörner, H.-H. (1997c). "Pharmakologie katecholaminerger Synapsen." Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie(6. Auflage, Springer Verlag): 310-345.

Wetmore, L. A. and Glowaski, M. M. (2000). "Epidural analgesia in veterinary critical care." Clin Tech Small Anim Pract **15**(3): 177-188.

Yeager, M. P., Glass, D. D., Neff, R. K. and Brinck-Johnsen, T. (1987). "Epidural anesthesia and analgesia in high-risk surgical patients." Anesthesiology **66**(6): 729-736.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gebührt allen, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere Frau Dr. Karin Kalchofner Guerrero und Frau Dr. Simone Ringer für die Unterstützung vor, während und auch nach Abschluss der klinischen Fallerfassung.

Frau Prof. Regula Bettschart-Wolfensberger für die Chance, an ihrer Klinik eine Dissertation durchzuführen und abzuschliessen.

Herrn Prof. Michael Hässig für die Übernahme des Ko-Referates, die speditive Überarbeitung der vorliegenden Seiten und für seine Hilfe in der unergründlichen Datenflut der Statistik.

Allen AnästhesistInnen, ChirurgInnen und PflegerInnen der Kleintierklinik des Tierspitals Zürich für ihre Mithilfe bei der Datenerhebung.

Frau Dr. Gaby Ehrismann und dem gesamten Team der Kleintierpraxis ACR in Winterthur für ihre Unterstützung und ihr Verständnis während der Doppelbelastung Berufsalltag und Dissertation.

Meiner Familie und Flavio, die mich immer wieder motivierten und unterstützten, alle meine Hochs und Tiefs durchstanden und trotzdem immer zu mir hielten, für ihre Liebe.

Lebenslauf

Name: Janina Werner

Geburtsdatum: 05. November 1979

Geburtsort: Uster

Nationalität: Schweizerin

Heimatort: Zollikon

1986-1992 Primarschule Pünt, Uster, Schweiz

1992-1994 Sekundarschule Krämeracker, Uster, Schweiz

1994-1999 Kantonsschule Riesbach, Zürich, Schweiz

Jan. 1999 Maturität Typ D, Kantonsschule Riesbach, Zürich, Schweiz

1999-2002 Studium der Humanmedizin, Universität Zürich, Schweiz

2002-2006 Studium der Veterinärmedizin, Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich, Schweiz

Nov. 2006 Staatsexamen, Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich, Schweiz

2007-2010 Anfertigung der Dissertation unter der Leitung von Dr. Karin Kalchofner Guerrero am Departement für Pferde der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich (Direktor: Prof. Dr. Jörg Auer)

2007-2010 Tierärztin, Kleintierpraxis ACR, Winterthur, Schweiz